RECHERCHES

SUR LES

MOUVEMENTS DU CERVEAU

ET SUR

LE MÉCANISME DE LA CIRCULATION DES CENTRES NERVEUX

RECHERCHES

SUR LES

MOUVEMENTS DU CERVEAU

ET SUR

LE MECANISME DE LA CIRCULATION DES CENTRES NERVEUX

PAR

A. SALATHÉ

Docteur en médecine de la Faculté de Paris,
Ancien aide d'histoire naturelle de la Faculté de médecine de Strasbourg
(concours 1870),
Membre de la Société botanique de France,
Élève des hautes études

PARIS

G. MASSON, ÉDITEUR

LIBRAIRE DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE

BOULEVARD SAINT-GERMAIN, EN FACE L'ÉCOLE DE MÉDECINE

MDCCCLXXVII

RECHERCHES

SUR LES

MOUVEMENTS DU CERVEAU

ET SUR LE

MÉCANISME DE LA CIRCULATION DES CENTRES NERVEUX



INTRODUCTION

A la circulation de l'encéphale, se rattache un phénomène connu depuis longtemps, celui des *mouvements du cerveau*.

Les battements des fontanelles des nouveau-nés, ceux de diverses tumeurs que peuvent présenter le crâne et le rachis, les trépanations pratiquées sur l'homme et les animaux, permettent de constater la réalité de ces mouvements. On est loin d'être d'accord toutefois sur leur mode de production ; leur existence même chez l'adulte, est mise en doute ou niée par un grand nombre de physiologistes modernes.

Ayant été frappé, dans le cours de nos études, du désaccord que nous avons trouvé, à ce sujet, dans les

auteurs, nous avons été amené à nous occuper également de ce point en litige, et nous venons aujourd'hui, à la suite des maîtres, apporter notre pierre à l'édifice, leur demandant de nous pardonner, si parfois nous avons osé émettre une opinion différente de la leur. Ils voudront bien n'y voir qu'une marque de respect pour la vérité et pour la science qu'ils représentent.

Aux mouvements du cerveau, se lient étroitement ceux du *liquide céphalo-rachidien*, sur les fonctions duquel nous aurons à insister dans le cours de ce travail.

Nous examinerons les causes et les relations de ces deux sortes de mouvements; mais, nous tenons, dès à présent, à établir qu'il ne faut point attacher à l'expression de « mouvements du cerveau, » l'idée d'une locomotion de cet organe, comme on le faisait jadis, mais bien celle d'une série d'expansions et de resserrements successifs de l'encéphale, en rapport avec la quantité plus ou moins considérable de sang qu'il contient. Ces mouvements traduisent à l'œil les *changements de volume du cerveau*, dépendant des systoles cardiaques et des actes respiratoires, changements qui se produisent au même titre que dans les autres organes du corps, où ils ont été récemment l'objet de remarquables études sur lesquelles nous aurons lieu de revenir. C'est donc, par l'intermédiaire des mouvements du cerveau et du liquide céphalo-rachidien, que nous pourrons étudier les *variations de la circulation dans les centres nerveux*.

Le cerveau de l'homme adulte, dont les parois crâniennes sont complètement ossifiées, est-il également

sujet à ces variations de volume dépendant de modifications de l'état de réplétion des vaisseaux ; se sépare-t-il, à cet égard, des autres organes ? Telle est la question que nous aurons à envisager. Avant d'y arriver, nous aurons à étudier, au préalable, — et ce sera la partie essentielle de ce travail, — la circulation dans la cavité céphalo-rachidienne, dans les cas où les mouvements cérébraux sont indiscutables, c'est-à-dire dans ceux où la boîte crânienne est incomplètement ossifiée, et dans ceux où elle présente une perte de substance ayant mis l'encéphale partiellement à nu.

Nous avons fait, dans ce but, de nombreuses expériences, commencées dans le cours de 1875 et poursuivies jusqu'au commencement de cette année. Nous nous sommes attaché à varier les conditions de la circulation encéphalique, et par conséquent aussi celles des mouvements du cerveau, afin d'en interpréter plus sûrement le mécanisme, ayant toujours eu recours à la méthode graphique, pour contrôler les résultats de nos expériences, que nous pourrons ainsi, mettre en quelque sorte sous les yeux du lecteur. Nous avons été favorisé dans cette voie, par les nombreuses ressources que nous avons trouvées dans le laboratoire du professeur Marey (1), au Collége de France.

Le principe de notre méthode d'exploration et quel-

(1) Nous sommes heureux de pouvoir témoigner ici, toute notre reconnaissance à cet excellent maître dont les bienveillants conseils et les encouragements ne nous ont jamais fait défaut. Nous devons aussi particulièrement remercier notre ami, le Dr François-Franck, directeur adjoint du laboratoire, dont l'assistance nous a souvent été précieuse, dans le cours de nos expériences.

ques-uns des résultats que nous avons obtenus, ont déjà fait l'objet d'une note communiquée à l'Académie des sciences (1). Enfin, le côté expérimental de nos recherches a, en grande partie, trouvé place dans une publication récente (octobre 1876) (2).

Les conditions de production des mouvements du cerveau sont intimement liées à la disposition qu'offrent les parois de la cavité céphalo-rachidienne, aux divers âges et dans différentes circonstances.

Chez le nouveau-né, les deux boîtes crânienne et rachidienne ont toutes deux des parois en partie extensibles. Au crâne, les battements des fontanelles en témoignent suffisamment. Pour ce qui est du rachis, on s'accorde à admettre l'extensibilité partielle de ses parois, non seulement chez l'enfant, mais encore chez l'adulte.

Il n'en est pas de même des parois du crâne de ce dernier, lesquelles sont regardées comme normalement incompressibles (3).

C'est précisément sur cette absence de dépressibilité qu'on s'est appuyé, pour nier l'existence des mouvements cérébraux chez l'adulte. Celui-ci pourra du reste, être replacé dans les conditions qu'il présentait à sa naissance, c'est-à-dire que l'extensibilité de ses parois

(1) *Comptes rendus*, 19 juin 1876.

(2) Physiologie expérimentale. Travaux du laboratoire de M. Marey, année 1876, Mémoire IX.

(3) Telle est du moins la manière de voir généralement adoptée. Nous aurons l'occasion de montrer, dans la suite, qu'il y a peut-être lieu d'apporter une certaine restriction à ce que cette proposition peut offrir de trop absolu.

crâniennes pourra disparaître, soit qu'elles deviennent le siége d'un ramollissement pathologique, soit qu'elles présentent une ouverture faisant communiquer la boîte crânienne avec l'extérieur, à la suite d'accidents ou de l'intervention chirurgicale.

C'est en nous basant sur cette différence de conditions, que nous diviserons l'étude des mouvements du cerveau :

Dans une *première partie* qui exigera de bien plus grands développements et qui comprendra presque toutes nos recherches, nous examinerons ces mouvements, dans le cas ou les parois crâniennes sont dépressibles, ou présentent une perte de substance.

Dans une *seconde partie*, les mouvements du cerveau seront envisagés, surtout au point de vue critique, dans les conditions normales, chez l'adulte.

Avant d'entrer dans le vif de notre sujet, nous comptons tracer, au préalable, l'historique de la question, et présenter quelques considérations générales sur la situation des centres nerveux dans la cavité céphalo-rachidienne, considérations indispensables pour l'intelligence des mouvements du cerveau et du liquide cérébro-spinal sur lequel nous aurons aussi à nous arrêter quelque peu.

HISTORIQUE.

Les mouvements du cerveau (1) ont dû fixer l'attention dès la plus haute antiquité, les battements des fontanelles n'ayant pu échapper à l'attention même la plus superficielle.

Cependant Aristote, tout en faisant remarquer l'écartement des sutures et leur réunion tardive chez l'enfant, n'en fait pas mention.

Il nous faut arriver à Pline l'ancien pour voir désigner d'une manière précise les mouvements du cerveau comme cause des battements des fontanelles du nouveau-né qui se trouve placé, d'après lui, dans une situation inférieure à celle des jeunes animaux, chez lesquels on n'observe point cette particularité (2).

Avec Galien, la question se transforme : les mouvements du cerveau ne sont plus regardés comme particuliers à l'enfance et se produisent au sein d'un espace vide existant entre la dure-mère et le cerveau, espace dont Galien croit pouvoir démontrer l'existence par l'insufflation. Il constate le rapport qui lie les mouvements du cerveau à ceux de la respiration ; mais, poussé par des idées théoriques, il observe mal le phénomène et vient affirmer que le cerveau s'élève dans le

(1) Nous ne nous occuperons pas ici des mouvements du cerveau considérés chez l'homme adulte placé dans les conditions normales. L'historique de cette question, essentiellement moderne, se rattache trop étroitement à la discussion que nous aurons à en faire dans la deuxième partie de cette étude, pour que nous ayons cru pouvoir l'en séparer.

(2) Pline, *Hist. naturelle*, trad. Guéroult, livre XII, p. 475.

crâne en inspiration, pour s'abaisser en expiration. Assimilant le mécanisme de ces mouvements au jeu de la cage thoracique, il supposait que, de même que l'air pénètre dans les poumons pendant l'inspiration, il s'introduit dans le même temps, en passant par les narines et les ouvertures ethmoïdales, dans les ventricules du cerveau qu'il dilate : d'où l'élévation de cet organe, dont l'abaissement correspondrait à l'expulsion de l'air, dont il admet l'issue par des voies telles que les sutures du crâne et les nerfs olfactifs ! Ne nous arrêtons pas à des erreurs qui heurtent absolument nos connaissances actuelles, et sachons gré à Galien, d'avoir au moins entrevu un rapport entre les mouvements du cerveau et ceux de la respiration, notion qui fut même perdue dans la suite.

Ce rapport est encore indiqué par Oribase, qui semble en saisir plus nettement le véritable sens. Après avoir fait mention des mouvements du cerveau « chez les petits enfants et chez ceux qui ont des plaies pénétrantes, » (1) il dit en effet, parlant des animaux chez lesquels le cerveau est mis à nu : « Quand les animaux poussent des cris, tout *le cerveau s'élève et se gonfle.* » Ce passage paraît indiquer qu'Oribase avait constaté le synchronisme de l'expansion cérébrale avec l'expiration. Il y a plus : la liaison des mouvements du cerveau avec l'action cardiaque ne lui a pas non plus échappé. Un peu avant le passage que nous venons de citer, cet auteur s'exprime ainsi : « Mais il s'y ajoute

(1) Oribase, Œuvres traduites par Bussemaker et Daremberg. Paris, 1858, T. III, p. 208.

un autre mouvement, qu'on voit manifestement chez tous les animaux : en effet, quand on a pratiqué l'excision des os de la tête, on voit se produire, aussi longtemps que les animaux se taisent, un mouvement dont la cadence s'accorde avec celle des mouvements des artères et du cœur. » (1)

Quant aux explications du phénomène que donne Oribase, elles sont aussi extravagantes que celles de Galien et nous les passerons sous silence.

Il nous faut franchir plusieurs siècles pour arriver au milieu du quatorzième, où nous voyons Guy de Chauliac (2) faire mention des mouvements du cerveau qu'il constate, après avoir mis cet organe à nu.

Deux siècles plus tard, ces mouvements sont en général rapportés à ceux des artères cérébrales. Telle est du moins l'opinion de Colombus et de Piccolomini (3); telle est celle de V. Coïter (4), qui ne parvint point, il est vrai, à les constater chez tous les animaux sur lesquels il fit porter ses recherches. Quant à Vésale (5), il envisage les mouvements du cerveau comme dépendant des artères de la pie-mère.

A la même époque, nous voyons Ambroise Paré (6) faire mention des mouvements du cerveau qu'on observe, à la suite de blessures entraînant une perte de substance de la voûte crânienne. Un peu plus tard,

(1) Oribase, *loc. cit.*.

(2) Cité par Haller in *Elem. physiol.* 1762, T. IV, p. 173.

(3) Piccolomini, *Anatomicæ prælectiones*, Rome, 1586.

(4) Volcherus Coïter, *Humani corporis partium tabulæ*, Nuremberg, 1573.

(5) Vésale, *Anatomicarum Fallopii observationum examen*, Madrid, 1561.

(6) A. Paré, *Œuvres complètes*, édit. de Malgaigne, Paris, 1841, t. II, p. 67.

Riolan (1) observe ces mêmes mouvements chez l'homme, dans des cas de carie syphilitique des os du crâne. Le même auteur les retrouve sur des moutons, après avoir mis leur cerveau à découvert.

Nous voici parvenu à une période où la question change absolument d'aspect et devient l'objet de discussions passionnées, qui se poursuivent pendant plus de deux siècles, un grand nombre d'auteurs niant absolument les mouvements du cerveau, pour les rapporter à la dure-mère. Dès le commencement du XVIe siècle, nous voyons Bérenger de Carpi, s'élever contre cette opinion. Comment avait-elle pris naissance? — Pacchioni la rapporte aux Arabes, mais Lorry fait observer avec raison qu'elle est bien plus ancienne. Ce n'a pas été sans étonnement que nous l'avons déjà trouvée mentionnée dans Galien; dans un endroit où on l'aurait, il est vrai, difficilement cherchée (2). Nous croyons devoir citer le passage en question. Il est instructif à plusieurs égards et montre qu'alors déjà, le désaccord existait sur divers points qui, longtemps après, devaient encore être remis en question : «... Virorum catervae, qui non tantum haec, sed et membranas cerebri confirmant pulsare : sunt, qui etiam cerebrum : alii utraque : aliqui præcipue cerebrum, membranas per accidens. Contra alii, nec membranas censent, nec cerebrum pulsare præcipue, ceterum ad arterias hoc pertinere, atque per accidens ad illa : nam attolli illa

(1) Riolan. *Encheiridium anat. et path.*. Paris. 1648.

(2) Galien, *Opera omnia*, Venise, 1576. T. II. Des différences du pouls, liv. IV, chap. II.

una cum arterias aiunt, quas habent frequentes. »

Quoiqu'il en soit, ce ne fut qu'à partir du XVII° siècle que l'existence des mouvements de la dure-mère, fut surtout acceptée, au détriment de ceux du cerveau. Pacchioni (1) et Baglivi (2), se constituèrent les défenseurs ardents de cette théorie adoptée déjà par Willis,(3) et acceptée plus tard par Stancari (4) et Santorini (5). Suivant eux, la dure-mère joue le rôle d'un véritable muscle, et nous les voyons en conséquence, décrire les fibres musculaires, dont elle est pourvue. Ils ne s'accordent pas cependant sur la position de ces fibres, et ce sujet devient le point de départ de nombreuses controverses. La dure-mère que Baglivi, va jusqu'à appeler *cor cerebri*, est pour eux le principal moteur du corps humain.

Bien que le courant fut alors en faveur des mouvements de la dure-mère, il est juste de dire que l'opinion des auteurs précédents, ne fut pas servilement adoptée par tous leurs contemporains. Plusieurs d'entre eux, tout en admettant les mouvements de la dure-mère, les firent dépendre, non de fibres motrices de cette membrane, mais de la pulsation des artères qui la parcourent, opinion qui avait déjà été soutenue par Ingrassias (6) et Fallope (7). D'autres auteurs, tels que

(1) Pacchioni. *De duræ meningis fabrica et usu*, Rome, 1701.

(2) Baglivi, *De fibra motrice*, Rome, 1702.

(3) Willis, *Cerebri anatomia*, Londres, 1664.

(4) Stancari, *Sur la structure de la dure-mère*. Mém. de l'Académie de Bologne, t. 1, 1731.

(5) Santorini, *De structura et motu fibra*, Venise, 1705. L'auteur se rétracte plus tard, *In observationes anatomicæ*, Venise, 1724.

(6) Ingrassias, *In Galeni librum de ossibus*, Palerme, 1603, p. 82.

(7) Fallope *Observationes anatomicæ*, in *Opera omnia*, Francfort, 1600.

Fantoni (1), Duverney (2), Ridley (3), etc., s'élèvent contre les mouvements de la dure-mère, démontrant qu'elle ne présente rien de musculeux dans sa structure, et qu'en se soulevant elle ne fait que suivre les mouvements du cerveau. Ces mouvements sont regardés comme synchrones avec ceux des artères : tel est du moins le sentiment de Zypœus (4) et de Charleton (5), qui nient leur rapport avec la respiration. Pour Diemerbrœck (6), le cerveau est soulevé par les sinus de la dure-mère. Vieussens (7) se met d'accord avec tout le monde, rapportant les mouvements aux artères de la dure-mère, aux sinus, enfin au cerveau lui-même. Il admet en outre les mouvements de la dure-mère spinale.

Ce tableau suffit pour donner une idée de la confusion qui régnait alors, touchant la question qui nous occupe ; aussi, croyons-nous pouvoir passer sous silence plusieurs auteurs dont les opinions se rapprochent des précédentes. Nous avons hâte d'arriver au milieu du XVIII siècle, qui nous offre une période de dix ans (1750-1760), spécialement féconde en résultats.

Schlichting, Haller, Lamure et Lorry viennent tour à tour, s'appuyant sur de nombreuses expériences, replacer la discussion sur son véritable terrain, et porter le dernier coup à la théorie des mouvements de la dure-mère, en montrant que le cerveau continue à se mou-

(1) Fantoni, *De structura et motu duræ matris*, ad Pacchionum, Romæ, 1721.
(2) Duverney, *Œuvres anatomiques*, Paris, 1761.
(3) Ridley, *The anatomy of the brain*, Lond., 1695.
(4) Zypæus, *Fundamenta medicinæ physico-anatomica*, Bruxel., 1683.
(5) Charleton, *Exercitationes physico-anatomicæ*, Lond., 1658.
(6) Diemerbroeck, *Opera omnia anat. et medica*, Utrecht, 1685.
(7) Vieussens, *Neurologia universalis*, Lyon, 1684, p. 17.

voir, alors même que cette membrane est enlevée.

Ce fut un mémoire de Schlichting, (1) qui inaugura cette nouvelle phase. Cet auteur, tout en revenant à la doctrine des anciens, touchant le rapport des mouvements du cerveau avec la respiration, montre que Galien l'a mal interprété, et que le soulèvement du cerveau coïncide avec l'expiration et non avec l'inspiration, laquelle correspond au contraire à l'abaissement de l'organe. Il appuyait son dire sur l'observation de cas de blessures ayant mis le cerveau à découvert chez l'homme, ainsi que sur des expériences poursuivies sur le chien.

Le fait observé par Schlichting était exact; mais il se garda de l'expliquer, envisageant comme une témérité de vouloir résoudre un problème qu'il regardait comme insoluble. Il eut cependant encore le mérite de comprendre la véritable signification qu'il faut donner aux mouvements du cerveau, en mettant en relief la turgescence et le retrait de l'encéphale: « Extra omne dubium statuere decrevimus, ipsum, integrumque cerebrum, pectoris inspiratione vere moveri, id est, *intumescere ac detumescere* ».

Schlichting crut pouvoir admettre en outre l'existence de mouvements dépendant du cerveau lui-même, mouvements qui se produiraient par exemple, lors des convulsions provoquées par une blessure faite à la moelle allongée.

Haller, voulant vérifier les résultats de cet observateur hollandais, reprend l'étude de la question avec

(1) Schlichting, *De motu cerebri*, Mém. de l'Acad. des sciences. Savants étrangers, Paris, 1750, t. I, p. 113.

Walstorff, (1) et fait, à ce sujet, de nombreuses expériences sur diverses espèces d'animaux. Il arrive aux mêmes conclusions que Schlichting, en ce qui touche les relations des mouvements du cerveau avec la respiration ; mais, ne se bornant pas à constater les faits, il tâche de les interpréter. On ne peut rapporter ces mouvements à l'air, comme l'avaient fait les anciens, car, ainsi que le fait observer Haller, si l'air pouvait dilater les ventricules, le cerveau s'élèverait en inspiration; or, c'est précisément le contraire qui se produit. « Le phénomène qu'a observé M. Schlichting, dit-il, dépend uniquement de la facilité que le sang du ventricule droit du cœur, trouve à se répandre dans le poumon pendant l'inspiration, et de celle que les gros vaisseaux veineux trouvent par là-même à se vider dans ce ventricule » (2). En expiration, par contre, les poumons comprimés ne peuvent recevoir le sang du cœur, et les grosses veines ne pouvant se vider gonflent, et ce gonflement se propage jusqu'au cerveau dont le sang ne peut s'écouler dans les jugulaires.

Haller se trompe cependant, quand il affirme que les mouvements du cerveau ne peuvent s'observer que lorsque la dure-mère a été détachée du crâne. Aussi, voyons-nous Caldani, s'appuyant sur des expériences faites en dehors de ces conditions, s'élever contre ce dire, dans une lettre (3) qu'il adresse au grand physiologiste.

(1) Walstorff, *Dissert. sistens experimenta circa motum cerebri*. Gœttingue, 1753.

(2) Haller, *Mémoires sur la nature sensible et irritable des parties du corps animal*, Lausanne, 1756-1760, t. I, p. 3?.

(3) Haller, *loc. cit.*, t. III, p. 44.

Haller ne se contente pas de vérifier et d'expliquer les mouvements qui se rattachent à la respiration ; il établit encore l'existence d'un second ordre de mouvements. « Quand on a séparé la dure-mère du cerveau, dit-il, on peut y apercevoir deux mouvements différents. Le premier vient de la pulsation des artères du cerveau. Ce mouvement est très-petit et va extrêmement vite. L'autre suit les périodes de la respiration. Le cerveau se gonfle et monte dans l'expiration, il s'affaisse et descend, quand l'animal inspire » (1). Il fait encore observer que lorsque ces mouvements font défaut, cela tient, soit à la faiblesse de l'animal, soit aux pertes de sang qu'il a subies.

On a souvent répété que Haller considérait les mouvements du cerveau comme de vrais mouvements de locomotion. Il est certain qu'il ne garda point cette opinion, comme le prouve péremptoirement la phrase suivante que nous empruntons à ses dernières expériences sur les mouvements du cerveau : « Le cerveau ne se hausse et baisse pas; il devient, pour parler plus juste, alternativement plus grand et plus petit. » (2) On ne saurait mieux dire aujourd'hui.

A la même époque, Lamure, (3) professeur à Montpellier, se distinguait par la variété de ses recherches sur les mouvements du cerveau. Cet auteur ne tient compte que des mouvements liés à la respiration, qu'il observe avec exactitude et dont il remarque l'exagération, lors des cris et des efforts.

(1) Haller, *loc. cit.*, t. I, p. 172,

(2) Haller, *loc. cit.*, t. IV, p. 15.

(3) Lamure, *Mémoire sur la cause des mouvements du cerveau*, in Mém. Acad. des sciences, portant la date de 1749, mais publiés en 1753. (Le mémoire lui-même est de 1752).

Dans plusieurs expériences, il lie ou sectionne les carotides, les vertébrales et les jugulaires, soit isolément, soit en masse: les résultats qu'il constate, à la suite de ces opérations, sont trop obscurs et contradictoires, pour qu'il puisse en dégager une théorie bien nette. Il se rencontre cependant avec Haller, en établissant le reflux du sang dans les jugulaires pendant l'expiration. Les conclusions qu'il en tire, diffèrent toutefois de celles de Haller. Pour lui, « le sang repoussé par les jugulaires et les vertébrales, doit gonfler tous les sinus de la dure-mère, et par conséquent soulever les portions du cerveau qui sont posées sur quelques-uns d'entre eux. » (1) L'auteur admet en outre, comme cause principale des mouvements du cerveau, la dilatation des veines que renferme cet organe.

Quelques années plus tard, Lorry présente à son tour deux mémoires à l'Académie des sciences sur ces mouvements du cerveau. (2) Nous ne faisons que signaler, sans nous y arrêter, le second d'entre eux, dans lequel l'auteur montre que le cerveau n'est par lui-même susceptible d'aucun mouvement et réfute ainsi les mouvements propres du cerveau que Schlichting avait cru reconnaître. Nous insisterons davantage sur le premier mémoire, dans lequel Lorry expose les résultats de ses expériences, expériences infructueuses sur le chien, plus heureuses quand l'auteur a recours au lapin (3) ou à de jeunes chats. Il croit du reste à tort

(1) Lamure, *loc. cit.*, p. 561.

(2) Lorry, *Sur les mouvements du cerveau et de la dure-mère*, in Mémoires présentés à l'Acad. des sciences, 1760.

(3) On s'explique difficilement que l'auteur ait été plus heureux sur le

que, le cerveau devenant plus ferme avec l'âge, ses mouvements cessent d'être observables. Les mouvements quand ils existent, sont pour lui, de deux sortes, les uns correspondant à ceux du cœur, les autres à ceux de la respiration. Ces derniers cependant, ne se produiraient, d'après Lorry, que dans le cas de respiration exagérée, pendant les cris ou les efforts, à la suite desquels les vaisseaux thoraciques et abdominaux se trouvant comprimés, le sang refluerait dans le crâne. Quant aux mouvements liés au cœur, Lorry en parle ainsi : « Dans le temps de la contraction du cœur, la force dilatante des artères tend à faire gonfler et dilater, pour ainsi dire, *tous les organes* dans lesquels le sang est porté, et plus encore ceux qui par leur mollesse et leur flexibilité sont moins en état de résister à la force impulsive du sang. » (1).

Haller, de son côté, parlant des mouvements que présente le cerveau, avait déjà dit que ce phénomène n'ést point particulier à cet organe (2).

Haller et Lorry ont donc entrevu un rapport dont la démonstration expérimentale devait être donnée près d'un siècle plus tard, par le Dr Piégu qui ,dans une note communiquée en 1846 à l'Académie des sciences, sur les mouvements des membres dans leurs rapports avec le

lapin que sur le chien, chez lequel nous avons, en général, trouvé les mouvements du cerveau incomparablement plus prononcés. On verra d'ailleurs bientôt, que ce fut faute de recourir au dernier animal que Flourens, qui fit toutes ses premières expériences sur le lapin, ne reconnut pas d'abord le caractère double des mouvements du cerveau.

(1) Lorry. *loc. cit.*, p. 306.

(2) Haller, *loc. cit.*, t. I, p. 31

cœur et la respiration, mit en parallèle ces mouvements avec ceux qu'on observe au cerveau.

Cette assimilation d'une part, le rejet d'une locomotion de l'encéphale à laquelle a été substituée déjà par quelques-uns des auteurs que nous avons cités, l'idée plus juste de changements de volume de l'organe, a fait entrer la question des mouvements du cerveau dans une phase réellement scientifique, et ce sera toujours en nous plaçant à ce double point de vue, que nous l'envisagerons.

Les résultats obtenus par les expérimentateurs du milieu du dix-huitième siècle, firent foi jusqu'au commencement du siècle actuel. Nous voyons dès lors s'introduire peu à peu dans la science une nouvelle théorie défendue surtout par Richerand qui l'expose de la manière suivante : « Les mouvements alternatifs d'élévation ou d'abaissement qu'offre le cerveau sont isochrones à la systole et à la diastole des artères *placées à sa base :* l'élévation correspond à la dilatation, l'abaissement au resserrement de ces vaisseaux ; la respiration n'est *pour rien* dans ce phénomène. » L'auteur croit démontrer la justesse de sa théorie, en provoquant artificiellement des mouvements du cerveau chez l'animal mort, par injection de liquide dans les carotides. Ce soulèvement du cerveau par suite de la dilatation des artères placées à sa base, avait déjà été avancé par Sénac (1). Richerand finit cependant par reconnaître (2), indépendamment de ce mouvement, un second mouvement qu'il considère comme une turgescence plutôt que

(1) Sénac, *Traité de la structure du cœur ;* Paris. 1749.
(2) Richerand et Bérard, *Eléments de physiologie ;* 10e éd.; Paris, 1833.

comme un déplacement de l'organe, et qu'il rapporte au reflux et à la stagnation du sang veineux, à la suite des efforts expiratoires.

Bichat (1) accepte l'explication de Richerand et arrive à dire que « la secousse générale, née de l'abord du sang au cerveau, est une condition essentielle à ses fonctions », et que « toujours il y a un rapport entre l'énergie vitale et l'abaissement et l'élévation alternatifs du cerveau » (2).

En 1809, nous voyons Dorigny essayer d'introduire une étrange théorie. A l'en croire, les mouvements cérébraux que cet auteur déterminait, en provoquant la douleur de l'animal, ne dépendraient, ni de la circulation, ni de la respiration, mais seraient commandés par l'excitation nerveuse. Nous essaierons, le moment venu, d'expliquer comment cet auteur a pu tomber dans une aussi étrange erreur.

Deux ans après, un physiologiste italien, Ravina (4), fit paraître un travail remarquable sur les mouvements du cerveau qu'il eut lieu d'observer chez l'homme dans des cas où cet organe avait été mis à nu. Cet observateur conclut d'un grand nombre d'expériences

(1) Bichat, *Recherches sur la vie et la mort*, 4e éd., annotée par Magendie, Paris, 1822, p. 258.

(2) Magendie fait observer à juste titre que, « s'il y a toujours un rapport entre l'énergie vitale du cerveau et ses mouvements alternatifs, c'est qu'il y a un rapport constant entre ces mouvements et l'abord du sang dans l'organe. Ainsi donc, au lieu de considérer cet ébranlement comme la cause excitante du cerveau, n'est-il pas plus naturel de ne voir en lui qu'un effet purement accidentel de l'arrivée du sang artériel que tout montre comme l'excitant véritable. »

(3) Dorigny, *Expériences et observations sur les mouvements du cerveau*, in Journal de médecine de Corvisart, Paris, 1809, t. XVII, p. 443.

(4) Ravina, *Mémoires de l'Acad. des sciences de Turin pour* 1811 *et* 1812, Turin, 1813, p. 61.

faites sur les animaux les plus variés que les mouvements du cerveau existent chez tous les quadrupèdes vivipares ; toutefois, il ne fait mention que des mouvements liés à la respiration, qu'il met en évidence avec beaucoup d'ingéniosité, soit en mesurant les alternatives d'élévation et d'abaissement d'un corps léger placé à la surface du cerveau mis à nu, soit en ayant recours à un tube de verre qu'il fixe au moyen d'un mastic, aux parois crâniennes. Il y verse de l'eau et observe les oscillations du niveau du liquide qui s'élève en expiration, baisse en inspiration et finit par disparaître au bout de quelque temps.

Cette dernière expérience est très-importante ; elle a souvent été répétée depuis, et on en a tiré grand parti pour l'interprétation des mouvements du cerveau.

Flourens fit aussi de nombreuses expériences sur les mouvements du cerveau (1). D'après cet illustre physiologiste, ces mouvements se rattachaient exclusivement à la respiration ; aussi, le voyons-nous attaquer vivement Richerand, qui, de son côté, ne voulait admettre que des mouvements liés à l'action cardiaque. Quant au mécanisme du phénomène, Flourens le rapporte surtout à l'influence veineuse et particulièrement aux oscillations du sang dans les sinus vertébraux, sur lesquels Breschet venait d'attirer l'attention. Ces sinus, étant en communication avec le système nerveux intra-crânien, le reflux du sang qu'ils contenaient, devait se propager aux veines de l'encéphale.

Plus tard, il est vrai, Flourens, dont toutes les expé-

(1) Flourens, *Recherches exp. sur le système nerveux*. Paris, 1842, p. 344.

riences avaient porté sur le lapin, se rétracte et reconnaît sur le chien, indépendamment des mouvements respiratoires du cerveau, les mouvements artériels de cet organe, contre lesquels il s'était précédemment élevé (1). Toutefois, la petite note publiée dans la Gazette médicale de Paris, ne fut pas appelée au même retentissement que ses premières vues qu'il avait largement développées et commentées dans ses Recherches sur le système nerveux ; c'est ce qui explique comment il se fait que presque tous les auteurs ne mentionnent encore aujourd'hui que son opinion primitive.

En 1825, Magendie (2) remet en lumière un liquide dont l'existence avait été oubliée, bien qu'elle eût été signalée par Haller (3) et surtout par Cotugno (4) qui l'avait plus spécialement étudié : nous voulons parler du liquide céphalo-rachidien. Ce liquide jouant un rôle essentiel dans le mécanisme des mouvements du cerveau, nous aurons à en tenir grand compte dans la suite.

(1) Flourens, *Nouvelles expériences sur les deux mouvements du cerveau*, Gaz. méd. de Paris, 1848, p. 571.

(2) Magendie, Mémoires lus à l'Institut en 1825 et 1826, et *Journal de physiologie*, t. VI et VII.

(3) Haller, *Elementa physiologiæ*, Lausanne, 1762, t. IV, p. 87. Haller fait remarquer lui-même que ce liquide avait déjà été entrevu par V. Coïter, Stæhelinus, G. Bidloo et Boehmer : il était, il est vrai, regardé comme un produit pathologique.

(4) Cotugno, *De ischiade nervosa*, in Thesaur. Dissert. de Sandifort. Rotterdam, 1769, t. II, p. 403 et suiv. Ce fut en 1764 que Cotugno fit paraître son important travail. Avant lui, Morgagni avait déjà admis l'existence *normale* d'un liquide dans la cavité du rachis : mais, il n'occupait, d'après cet illustre anatomiste, que la région sacrée. (*De sedibus et causis morborum*, trad. franç. de Desormeaux et Destouet, t. II, p. 127 et 165).

Reprenant, en la modifiant un peu, une expérience de Ravina, Magendie visse au crâne un tube contenant de l'eau colorée dont le niveau offre des oscillations rhytmées avec la respiration. L'observation de ce phénomène devient le point de départ de sa théorie (1).

Si le liquide contenu dans le tube de verre, baisse en inspiration, cela tient, selon Magendie, à l'afflux du liquide céphalo-rachidien de la cavité crânienne dans celle du rachis dont les sinus tendent à se vider, à la suite de l'aspiration thoracique. Le sang refluant dans l'appareil veineux intra-rachidien, lors de l'expiration, cet appareil se dilate et comprimant le liquide céphalo-rachidien, le fait remonter dans le crâne.

Cette manière d'envisager la question fut adoptée par un grand nombre d'auteurs. Nous la voyons développée notamment par Ecker (2) qui, à l'exemple de Magendie, admet que le liquide cérébro-spinal est refoulé dans la boîte crânienne en expiration ; il explique la dilatation du cerveau, à cet instant, par la pénétration du liquide dans les ventricules qui se dilatent. Cet auteur s'occupe en outre des mouvements liés à l'action du cœur et les rapporte à une double origine : d'une part l'impulsion communiquée par les artères de la base du crâne, d'autre part la réplétion des petites artères encéphaliques.

En 1846, le professeur Richet répétant les expérien-

(1) Magendie. *Recherches sur le liquide céphalo-rachidien*. Paris, 1842.

(2) Ecker. *Physiologische Untersuchungen über die Bewegungen des Gehirns u. Rückenmarks*; Stuttgart, 1843.

(3) Richet, *Anatomie médico-chirurgicale*, 4e éd., Paris, 1871, 2e partie, p. 46 et suiv.

ces de Magendie, arrive à leur donner une interprétation tout opposée. « Si le liquide coloré *descend* dans le tube (vissé à la cavité rachidienne) à chaque *inspiration*, dit-il, c'est parce qu'il remonte dans la cavité encéphalique, qui le *repompe*, et non parce qu'il afflue dans la cavité du rachis : de même que s'il *remonte* à chaque *expiration*, c'est qu'à ce moment il est refoulé dans le canal vertébral, et par conséquent dans le tube lui-même, et non dans le crâne et les ventricules » (1). D'après ce maître éminent, à chaque expansion cérébrale, qu'elle soit d'origine cardiaque ou respiratoire, le liquide céphalo-rachidien, abandonnant la boîte crânienne, fuit par le trou occipital dans la cavité rachidienne, vrai tuyau d'échappement, pour refluer dans le crâne quand l'encéphale revient sur lui-même. Ses conclusions auxquelles nous avons été heureux de pouvoir nous rallier, sont basées sur des données anatomiques incontestables dont nous dirons quelques mots dans le chapitre suivant. Quant aux causes des deux mouvements que présente le cerveau, l'auteur les rapporte, d'une part à l'abord du sang artériel dans la boîte crânienne, d'autre part au reflux du sang veineux dans les jugulaires et les veines intra-crâniennes.

Signalons encore, avant d'achever cet historique, quelques essais qui ont été faits pour déterminer avec plus d'exactitude l'amplitude des mouvements cérébraux.

L'un d'eux fut réalisé par Bruns (2) qui entreprit de

(1) Richet, *loc. cit.*, p. 53.
(2) Bruns, *Praktische Chirurgie*, t. I, Tubingue, 1854, p. 599.

mesurer l'étendue de ces mouvements sur une malade dont le cerveau avait été mis à nu, à la suite d'une nécrose crânienne. Il se servit, dans ce but, d'un levier très-mobile dont le petit bras appuyait par son extrémité sur la surface encéphalique, dont les mouvements étaient amplifiés dix fois par le grand bras du levier. Un procédé analogue avait déjà été utilisé, pour rendre plus apparents les déplacements de la surface cérébrale, par Bourgougnon (1), dont nous aurons à analyser le travail dans la deuxième partie de cette étude. Quoi qu'il en soit, Bruns observa que, dans l'état ordinaire les mouvements artériels apparaissent seuls, les mouvements respiratoires ne paraissant que lorsque la malade respire fortement, lorsqu'elle parle ou tousse, les mouvements artériels pouvant disparaître quand les mouvements respiratoires sont très-accentués.

Mentionnons encore l'appareil que Hammond et Weir Mitchell ont appelé céphalo-hémomètre, et dont ils se sont servis pour étudier l'influence du chloral sur l'encéphale. Ce n'est autre chose que le tube employé par les physiologistes pour démontrer les mouvements du cerveau, modifié à quelques égards. Sa partie inférieure métallique est surmontée par un tube de verre gradué plus étroit qui permet d'apprécier plus facilement les changements de niveau du liquide qu'on y verse (2).

Leyden, à propos de recherches qu'il fit sur la compres-

(1) Bourgougnon, *Recherches sur les mouvements du cerveau*, Th. Paris, 1839.

(2) Hammond, *Des effets physiologiques et des usages thérapeutiques de l'hydrate de chloral*. New-York medical journal, fév. 1870.

sion cérébrale (1), essaya le premier d'obtenir sur des animaux le tracé des mouvements du cerveau ; mais, les résultats obtenus ayant été trop insuffisants, l'auteur renonça à décrire l'appareil dont il s'était servi, lequel, dit-il, se rapprochait du sphygmographe. Quant aux courbes, bien qu'imparfaites, ellles rappellaient celles que donne le kymographion.

Indépendamment des mouvements du cerveau, quelques auteurs ont décrit des mouvements de la moelle. Piccolomini signala le premier un battement particulier de la moelle, d'après ce que rapporte Portal. Ce dernier assura aussi avoir découvert sur le chien et le chat des mouvements de la moelle épinière (2) qu'il ne put observer cependant qu'à la partie supérieure du rachis. Cet auteur, appuyant encore son dire sur l'observation de mouvements qu'il put constater dans des cas de *spina-bifida*, il devient par là-même évident que les mouvements qu'il considérait comme ceux de la moelle, n'étaient autres que ceux de la dure-mère soulevée par le liquide céphalo-rachidien, dont on ne devait tenir compte que plus de vingt ans après. Presque tous les auteurs qui ont soutenu les battements de la moelle se sont du reste appuyés sur des cas de *spina-bifida*.

Magendie lui-même crut reconnaître leur existence, à une époque où son attention n'avait pas encore été portée sur le liquide cérébro-spinal. (3)

(1) Leyden, *Ueber Hirndruck und Hirnbewegungen*, Arch. Virchow. 1866, t. 37, p. 519.

(2) Portal, *Sur un mouvement qu'on peut observer dans la moelle épinière*, Paris, an VIII; et, Cours d'anat. méd., Paris, 1804.

(3) Magendie, *Sur un mouvement de la moelle épinière isochrone à la respiration*, Journal de phys. exp. 1821, t. 1, p. 200.

Ecker (1) parle également des mouvements respiratoires de la moelle : ce sont surtout, pour lui, des déplacements constituant une vraie locomotion de l'organe, qui présente en outre, dit-il, de faibles mouvements liés aux pulsations artérielles.

Ni Cruveilhier, (2) ni Longet, (3) n'ont pu en découvrir l'existence, après avoir ouvert le canal rachidien et donné issue au liquide sous-arachnoïdien.

Colin, (4) opérant sur de grands animaux, tels que le taureau et la vache, constate que lorsque la moelle est mise à nu, elle offre assez souvent des *mouvements de déplacement* isochrones à la respiration, mouvements qui ne dépendent nullement des variations de vascularité de l'organe lui-même, mais de celles des sinus sur lesquels il se trouve appliqué. En piquant un sinus vertébral, il voit en effet le sang s'en échapper abondamment, par saccades isochrones avec l'expiration.

Après la lecture de cet historique, une réflexion se présente naturellement. On s'étonne que la production des mouvements du cerveau, dont l'observation semble devoir être facile, ait pu diviser les esprits à tel point qu'aujourd'hui encore, les mouvements encéphaliques ne soient pas envisagés par tous de la même façon.

A la suite des nombreuses recherches que nous avons faites sur ce sujet, nous nous expliquons parfaitement

(1) Ecker, *loc. cit.*

(2) Cruveilhier, *Anat. descript.*, 4e éd., t. III, 1871, p. 362.

(3) Longet, *Physiologie*, 1873, t. III, p. 305.

(4) Colin, *Physiol. comp. des animaux*, 2e éd., Paris, 1871-73, t. I, p. 150.

ce désaccord des auteurs, car, en prenant isolément, telle ou telle de nos expériences, sans dégager avec soin les conditions au milieu desquelles elles ont été faites, nous pourrions soutenir toutes les théories qui ont été émises, rejetant l'existence des mouvements cérébraux dans certains cas, les reconnaissant dans d'autres, admettant enfin, tantôt deux mouvements, tantôt un seul, synchrone avec la respiration ou la systole du cœur.

Envisager ainsi la question, serait faire preuve d'un éclectisme qu'il n'est plus permis d'adopter aujourd'hui, après les belles pages écrites par le professeur Cl. Bernard, qui a insisté, à si juste titre titre, sur la nécessité du *déterminisme* de chaque phénomène. « Si un phénomène, dit ce maître illustre, se passait de la même manière dans des conditions essentielles différentes ou s'il variait lorsque les conditions restent invariables, il est clair qu'il n'y aurait plus de science possible ; car ce serait admettre que des causes diverses produisent des résultats identiques, et que la même cause engendre des effets différents. » (1)

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES SUR LA SITUATION DES CENTRES NERVEUX DANS LA CAVITÉ CÉPHALO-RACHIDIENNE.

Notre intention n'est pas de donner ici la description du crâne et du rachis, non plus que celle des organes qu'ils renferment, car, nous ne pourrions que répéter

(1) Cl. Bernard, *Leçons de pathologie exp.*, Paris, 1872, p. 511.

ce qui a été dit, avant nous, à ce sujet. Nous nous bornerons à rappeler les points qu'il est nécessaire d'avoir bien présents à l'esprit, pour saisir avec netteté le mécanisme de la circulation des centres nerveux, appelant successivement l'attention sur quelques particularités que présente la disposition des parois de la cavité crânio-spinale, sur l'organisation spéciale du système vasculaire dans cette même cavité, enfin sur le liquide céphalo-rachidien. Chemin faisant, nous aurons à faire mention de travaux d'origine toute récente, d'après lesquels les idées reçues touchant quelques-uns de ces points devraient être considérablement modifiées.

Le système nerveux central de la vie de relation, contenu dans la cavité céphalo-rachidienne, nous offre, d'une part l'encéphale, remplissant la presque totalité de la boîte crânienne, et baigné dans une faible couche de liquide, d'autre part la moelle épinière placée dans la cavité rachidienne, dont elle est loin de remplir la capacité. Son diamètre moyen, comparé à celui du canal rachidien, serait en effet, d'après le professeur Sappey, comme 3 : 5. Quant à son poids, il serait, d'après le même auteur, à celui de l'encépnale comme 1 : 50. Bien moins volumineuse que l'encéphale, la moelle possède également une vascularité moins prononcée, et n'offre qu'une importance relativement très-faible dans la cavité céphalo-rachidienne, sous le rapport de la quantité de sang qui lui est affectée.

Toute modification en plus ou en moins de la quantité de sang contenu dans un organe (à la condition qu'il ne soit point rigide, comme le tissu osseux), doit en-

traîner, comme nous avons déjà eu occasion de le dire, une augmentation ou une diminution de volume de cet organe. De là, pour l'encéphale, les mouvements d'expansion et d'affaissement désignés sous le nom de mouvements du cerveau, mouvements qui, du côté de la moelle épinière, ne peuvent être qu'insignifiants, par suite de la faible vascularité dont nous venons de parler, de sa consistance plus ferme que celle du tissu cérébral, enfin de la structure plus serrée de la pie-mère rachidienne.

C'est néanmoins, celui des deux organes qui est le moins susceptible de turgescence que nous voyons entouré d'une quantité relativement bien plus considérable de liquide céphalo-rachidien, disposition sur laquelle le professeur Richet s'est appuyé, pour expliquer le mécanisme des mouvements du cerveau. Nous ferons en outre remarquer avec lui, qu'indépendamment des organes et du liquide que renferme la cavité rachidienne, elle contient encore, entre la dure-mère et le canal vertébral « une notable quantité de graisse semi-fluide, qui peut refluer en dehors du canal, en cas de compression, par les ouvertures latérales des trous de conjugaison, lesquels ne sont pas, à beaucoup près, comblés par le volume relativement très-grêle des paires nerveuses. »(1) Cette graisse peut refluer, à la suite de la pression la plus légère, ainsi qu'on peut s'en assurer, en introduisant le doigt dans la cavité céphalo-rachidienne.

L'élasticité des ligaments intervertébraux, et surtout la disposition que nous venons de signaler, nous per-

(1) Richet, *loc. cit.*

mettent d'affirmer que les parois de la cavité rachidienne sont en partie extensibles. En est-il de même de celles du crâne ? — Chez le nouveau-né, oui, comme nous l'avons dit, au commencement de ce travail; chez l'adulte, à la suite de l'ossification des espaces membraneux qui constituent les fontanelles, il n'en est plus de même. Pour ce qui est des nombreux orifices que le crâne présente à sa base, ils sont bouchés par les vaisseaux et nerfs qui les traversent, ou fermés par des membranes, qui ne peuvent subir qu'un déplacement inappréciable. Le contenu du crâne serait donc invariable, s'il n'existait quelques dispositions dont il faut à présent nous occuper.

Le rôle du liquide céphalo-rachidien, à cet égard, est capital, et. comme ce seront les mouvements de ce liquide qu'il nous faudra, en général, directement interroger, pour apprécier ceux du cerveau, sous la dépendance desquels ils sont placés, nous ne croyons pas inutile d'en dire quelques mots, nous proposant de n'insister que sur les points auxquels se rattache directement notre sujet.

Siégeant dans l'espace sous-arachnoïdien, sa quantité normale chez l'homme est difficile à préciser. On peut dire, en se basant sur les chiffres que nous ont laissés Cotugno et Magendie, qu'elle varie de 60 à 150 grammes, pouvant cependant aller bien au-delà, notamment chez le vieillard et dans les cas d'hydrocéphalie et d'hydrorachis. Très-riche en eau et en chlorure de sodium, ce

liquide (1) se distingue surtout des autres sérosités par son extrême pauvreté en albumine, ce qui constitue, comme on le sait, un caractère important pour le diagnostic de certaines fractures du rocher, avec écoulement de liquide par l'oreille.

Surtout abondant dans les mailles du tissu cellulaire sous-arachnoïdien, placées à la base de l'encéphale, aux endroits nommés *confluents*, ainsi qu'au rachis, au niveau de la queue de cheval, il amortit les chocs, et joue, d'après Cruveilhier, par rapport aux centres nerveux, le même rôle que l'eau de l'amnios par rapport au fœtus. Il constituerait en outre, selon Foltz de Lyon, un bain dans lequel l'encéphale pèserait environ 26 grammes ou le $\frac{1}{50}$ de son poids, en vertu du principe d'Archimède (2).

Magendie qui croyait d'abord que ce liquide exerce sur les centres nerveux une pression indispensable à l'intégrité de leurs fonctions, reconnut lui-même (3) que les troubles qu'il avait observés, en donnant issue à ce liquide, au niveau de la membrane occipito-atloïdienne, provenaient de la section des parties molles de la nuque. (4)

(1) Il est remplacé chez les poissons par une substance de nature graisseuse ou gélatineuse.

(2) Foltz, *Etudes sur le liquide céphalo-rachidien*. Gazette médicale de Paris, 1855, p. 144.

(3) Cl. Bernard, *Leçons sur le système nerveux*. 1858, t. I, p. 496.

(4) Longet explique l'immobilité et l'hébétude des animaux, à la suite de cette opération, par le tiraillement des pédoncules cérebelleux, résultant de la flexion angulaire de la tête sur l'atlas. Schiff rapporte les phénomènes observés à la compression des artères vertébrales, à la suite de cette flexion. Nous préférons nous ranger à l'opinion du professeur Béclard, d'après lequel l'incertitude des mouvements se rattacherait à la suppression brusque des points d'attache des muscles du

Un fait plus exact, signalé par Magendie, est celui de sa prompte reproduction, après qu'on lui a donné issue, la plupart des auteurs s'accordant à regarder ce liquide comme secrété par les vaisseaux de la pie-mère.

Bien que la question de la communication entre les boîtes crânienne et rachidienne, par l'intermédiaire du trou occipital, dont les dimensions sont plus grandes que celles des parties qui le traversent, soit généralement regardée comme résolue, elle a encore été mise en question dans un travail récent. Il serait cependant difficile de la nier, les preuves ne manquant pas.

Magendie injectant de l'encre dans la cavité rachidienne, la retrouve dans le crâne, l'expérience inverse réussissant de même. Plus récemment, Quincke et d'autres observateurs sont arrivés aux mêmes résultats, en employant des injections de vermillon.

Une autre preuve, plus démonstrative encore que cite Magendie, nous est donnée par les cas de spina-bifida. Vient-on à comprimer la tumeur, aussitôt on voit, (indépendamment du coma et des convulsions qui peuvent se produire, si on pousse la compression trop loin), la fontanelle se distendre, pour se relâcher quand on abandonne la tumeur à elle-même, ce phénomène traduisant nettement le flux et le reflux du liquide céphalo-rachidien... cérébro-spinal à travers le trou occipital. Ce passage du liquide se démontre encore, en trépanant la région

dos, dont le rôle est capital dans l'équilibre de la station. Cette explication, bien plus que les précédentes, se concilie avec le caractère essentiellement ephémère des troubles observés.

lombaire d'un cadavre verticalement placé, dont on respecte les méninges : on voit celles-ci proéminer fortement, dès le moment où une ouverture faite à la voûte du crâne permet au cerveau de s'affaisser et à une partie du liquide contenu dans la boîte crânienne de refluer dans le rachis.

Une question bien plus controversée est celle de la communication des cavités ventriculaires du cerveau avec l'espace sous-arachnoïdien.

Magendie a décrit, à la partie inférieure du quatrième ventricule, au niveau du *calamus scriptorius*, un orifice placé entre les deux artères cérebelleuses postérieures, qui permettrait le mélange des liquides ventriculaire et céphalo-rachidien. Il donnait à l'appui, la présence de l'encre qu'il avait constatée dans les ventricules, à la suite des injections que nous avons déjà signalées, les injections poussées dans les ventricules, pénétrant de même dans l'espace sous-arachnoïdien.

Magendie, après avoir mis à découvert l'intérieur des ventricules d'un chevreau, parvint encore à constater le flux et le reflux du liquide coloré qui y avait été versé. (1)

D'après Cruveilhier cependant, l'orifice du quatrième ventricule serait artificiel. (2) Burdach, Kölliker et Reichert regardent, avec lui, la toile choroïdienne inférieure comme une membrane continue.

Luschka constate cependant chez l'homme l'existence

(1) Cette expérience ne peut être donnée comme un argument sans réplique, car on pourrait objecter que le mouvement du liquide contenu dans les ventricules, dépend de l'expansion et du retrait de la masse nerveuse elle-même.

(2) Cruveilhier, *Anat. desc.*, 4e éd., t. III, p. 385.

de l'orifice du quatrième ventricule, bien que, ni lui, ni Renault, n'aient pu le découvrir chez le cheval.

Suivant Quincke (1), dont les injections colorées poussées dans les cavités crânienne et rachidienne n'ont pénétré qu'exceptionnellement dans les ventricules, cet orifice est constitué chez l'homme, par une brèche de tissu cellulaire variable et souvent peu appréciable.

D'après Axel Key et Retzius (2) de Stockholm, le quatrième ventricule présenterait, indépendamment de l'orifice qu'on a appelé *trou de Magendie*, deux autres orifices latéraux, établissant un passage entre la cavité des ventricules et l'espace sous-arachnoïdien.

Mierzejewsky, (3) en poussant des injections directement dans les ventricules, vit le liquide se répandre dans l'espace sous-arachnoïdien, au niveau du quatrième ventricule, en un point correspondant au trou de Magendie, aux angles latéraux de ce même ventricule, le liquide gagnant encore la base du cerveau par les ventricules latéraux, dont chacun présenterait un orifice placé entre le crochet de la corne d'Ammon et les tubercules quadrijumeaux. Nous sommes porté à croire que ces dernières issues avaient été créées artificielle-

(1) Quincke, *Zur Physiologie der cerebrospinal Flüssigkeit*, in Archives de Reichert, 1872, p. 153.

(2) A. Key et Retzius, *Des communications entre les ventricules du cerveau et les espaces sous-arachnoïdiens*. Nord. med. Ark., t. VI, 1e partie, 1874: anal. in *Revue des sciences médicales*, t. IV, p. 29.

(3) Mierzejewski, *Die Ventrikel des Gehirns*, Centralblatt für die medicinischen Wissenschaften 1872: et *Rev. des sciences médicales*, 1873, t. I, p. 13.

ment par l'injection peu fluide à laquelle l'expérimentateur avait recours.

Frappé des divergences des auteurs, le professeur Paulet (1) reprit à son tour l'étude de la question et rencontra constamment le trou de Magendie sur l'homme. Des injections de vermillon dissous dans l'essence de térébenthine qu'il poussait avec modération dans le tissu sous-arachnoïdien du rachis, lui permirent de retrouver chaque fois la matière colorante dans l'aqueduc de Sylvius.

Il semble donc que, bien que l'accord ne soit pas unanime à ce sujet, il soit difficile de rejeter l'existence de la communication entre les cavités des ventricules et l'espace sous-arachnoïdien.

Cet espace est coupé par des mailles lâches de tissu cellulaire, qui ne paraissent pas porter obstacle aux fluctuations du liquide cérébro-spinal : c'est du moins ce qui parait ressortir des résultats des injections dont nous avons fait mention précédemment. Seuls, A. Key et Retzius semblent croire que le cours du liquide céphalo-rachidien peut être entravé par les cloisons incomplètes que forment les trabécules qui partagent l'espace sous-arachnoïdien. (2)

Non-seulement le liquide céphalo-rachidien peut se déplacer de la cavité crânienne dans celle du rachis, mais il peut encore pénétrer dans les prolongements

(1) Paulet, *Dict. encyc. des sciences méd.*, t. XIV, article : Céphalo-rachidien (liquide).

(2) Key et Retzius, *Recherches sur les cavités et les espaces séreux du syst. nerveux*, Jahresbericht v. Virchow u. Hirsch. 1870, t. I, p. 28 ; et *Rev. des sciences méd.*, 1873, t. I, p. 6.

de l'arachnoïde qui forment le périnèvre entourant les faisceaux primitifs des nerfs. Cette disposition se retrouve aussi bien aux nerfs crâniens qu'aux nerfs rachidiens. Suivant Key et Retzius, les injections poussées dans les cavités des centres nerveux, se retrouvent dans les gaînes nerveuses périphériques, même dans celles du grand sympathique, par l'intermédiaire des rameaux communicants ; de même, elles pénètrent dans l'espace sous-arachnoïdien, après avoir été poussées dans les dernières gaînes nerveuses.

Les résultats obtenus par Quincke (1), qui recourait à des injections de vermillon, en suspension dans de l'eau sucrée, n'ont pas été aussi nets. Il est vrai que, pour se mettre à l'abri de ruptures ou de décollements dont il soupçonne la possibilité dans les expériences de Key et Retzius, il n'injectait, sur des animaux vivants sacrifiés de quelques jours à quelques semaines plus tard, que de faibles quantités de liquide, rarement plus d'un centimètre cube. Dans la plupart de ses expériences cependant, la matière colorante fut retrouvée dans la gaîne des nerfs intercostaux et lombaires jusqu'aux *rami communicantes* ou quelques millimètres plus loin.

Ainsi que les expérimentateurs suédois et que Schwalbe, (2), il observa également, dans presque tous les cas, la diffusion de la matière colorante dans la gaîne du nerf optique.

(1) Quincke, *loc. cit.*

(2) Cet auteur (*Arch. f. mikroskop. Anat.*, t. VI), ainsi que Key et Retzius distinguent deux espaces en rapport avec la gaîne optique et communiquant avec la cavité crânienne, placés l'un (sous-vaginal) au-dessous

S'il ne réussit pas à faire pénétrer, de même que Key et Retzius, (1) ses injections dans les gaînes du trijumeau, du pneumogastrique, etc, il put cependant observer que la matière colorante s'était rassemblée, par amas, au niveau des orifices de ces gaînes, au point d'émergence des nerfs en dehors de la boîte crânienne. Cette particularité s'accorde bien, d'après l'auteur, avec l'idée d'un courant le long des cordons nerveux.

Bien que, selon toute apparence, les gaînes nerveuses ne puissent, en vertu de leur disposition, constituer un déversoir important du liquide céphalo-rachidien, c'est une donnée qu'il ne faut point négliger absolument : cette question appelle, du reste, de nouvelles recherches.

Nous en dirons autant d'autres résultats annoncés par Key et Retzius, d'après lesquels les gaînes lymphatiques qui enveloppent les capillaires cérébraux n'aboutiraient point dans les espaces épicérébraux et épispinaux de His, (2) mais dans l'espace sous-arachnoïdien lui-même, aucune communication n'existant d'ailleurs

de la gaîne du nerf, l'autre (sus-vaginal) entre cette gaîne et les muscles. Un autre auteur, Manz, parle de l'augmentation de la sérosité dans la gaîne optique, quand la pression intra-crânienne augmente. Dans un cas de pachyméningite hémorrhagique, il put constater l'infiltration du sang dans cette gaîne (*Arch. f. Ophtal.*, 1870; *Arch. f. Klin. Medic.*, 1871.)

(1) Ces auteurs admettent encore la communication des cavités arachnoïdienne et sous-arachnoïdienne, au niveau des racines nerveuses.

(2) Cette opinion est en effet généralement abandonnée et nous la voyons aussi condamnée par le professeur Robin (*Dict. encyc. des sciences méd.*, 2e série, t. III, article : Lymphatique, p. 401 et suivantes.

entre cet espace et le système lymphathique proprement dit. Les auteurs suédois s'appuient sur ce fait, qu'à la suite d'injections poussées dans l'espace sous-arachnoïdien, ils retrouvaient la matière colorante dans les gaînes lymphathiques des vaisseaux sanguins, dans lesquelles elle avait pénétré par des orifices en entonnoir se continuant avec la pie-mère.

Il nous reste, pour clore ces considérations, à dire quelques mots du système artérioso-veineux de la cavité céphalo-rachidienne.

Les canaux veineux désignés sous le nom de *sinus*, méritent spécialement de nous arrêter un peu. Pour ce qui est des sinus crâniens, la rigidité de leurs parois, bien qu'elle ne puisse être regardée comme absolue, ne permet guère leurs modifications de calibre. Mais, il ne faut point perdre de vue que l'absence de valvules dans les veines encéphaliques et dans les *sinus*, favorise d'autre part les variations rapides de la quantité de sang du système veineux encéphalique.

Quant aux plexus rachidiens qu'on a aussi improprement appelés sinus, leurs parois sont très-minces et ils forment un lacis veineux à mailles très-développées, susceptible de variations de contenu très-prononcées (1). Nous avons vu que pour Magendie les mouvements du liquide céphalo-rachidien dépendaient des modifica-

(1) Ce réseau communique avec le système des veines encéphaliques. Il établit en outre une communication entre les veines de toutes les parties du tronc, et peut ainsi parer aux obstructions qu'elles peuvent présenter (Vid. Milne-Edwards, *Physiol. et Anat. comparées*, t. III, p. 600; et Cruveilhier, *Anat. descript.*, 4e éd., t. III, p. 262).

tions de calibre de ces plexus. Plusieurs auteurs regardant leur circulation comme à peu près passive, rattachent au contraire les variations de leur contenu aux mouvements mêmes du liquide.

La distribution artérielle des centres nerveux est trop connue (1) pour que nous nous y arrêtions ; nous en dirons autant du polygone artériel de Willis, qui doit être considéré comme un régulateur de la circulation artérielle de l'encéphale, régulateur dont le rôle est capital dans les cas d'oblitération de l'une ou l'autre des voies d'afflux du sang destiné à l'encéphale.

(2) Nous n'entendons parler ici que des branches artérielles décrites par tous les auteurs classiques. Ce serait nous écarter de notre but que de suivre au delà la description du système artériel de l'encéphale, pour laquelle nous renvoyons aux beaux travaux de M. Duret (Recherches anat. sur la circulation de l'encéphale ; *Arch. de physiologie*, 1873 et 1874).

PREMIÈRE PARTIE.

MOUVEMENTS ENCÉPHALIQUES. LES PAROIS CRANIENNES ÉTANT DÉPRESSIBLES OU PRÉSENTANT UNE PERTE DE SUBSTANCE.

Nos recherches ont porté à la fois sur les mouvements du cerveau de l'homme et des animaux.

Nous nous attacherons d'abord à l'étude des battements des fontanelles du nouveau-né ; les mouvements du cerveau seront ensuite étudiés chez l'adulte, dans les cas où la rigidité normale des parois crâniennes se trouve détruite. Enfin, nous aborderons l'examen des expériences que nous avons poursuivies sur les animaux.

CHAPITRE PREMIER.

BATTEMENTS DES FONTANELLES.

Les battements des fontanelles, très-prononcés à la naissance, vont en diminuant d'intensité, à mesure que l'ossification de ces espaces membraneux fait des progrès. Ce n'est guère qu'à la fontanelle médiane antérieure, la plus grande de toutes, et celle qui disparaît la dernière, qu'on peut observer ces battements avec netteté.

Pour les soumettre à un contrôle rigoureux, nous avons eu recours à l'inscription graphique. Toutefois, avant d'exposer les résultats que nous avons obtenus par cette méthode, nous croyons devoir dire qu'au cours de nos expériences, nous avons découvert qu'un essai semblable avait déjà été tenté par M. Langlet qui, à propos d'un travail intéressant sur le sommeil (1), a essayé d'enregistrer les battements des fontanelles pendant cet état.

Il s'est servi, dans ce but, du sphygmographe ordinaire de Marey; mais, outre que cet appareil est d'une application difficile sur le crâne, il ne donne que des indications de peu de durée, insuffisantes pour observer le phénomène avec suite, dans diverses phases (2). Aussi, l'auteur n'a-t-il pu réaliser l'objectif qu'il poursuivait, les enfants se réveillant à la suite de la pose de l'appareil. Malgré l'imperfection de cette disposition, les tracés de M. Langlet lui ont permis de voir que, dans l'état de calme, les battements des fontanelles ne reproduisent que les pulsations artérielles, des mouvements correspondant à la respiration ne commençant à paraître que lorsque celle-ci est agitée, ou lorsque l'enfant crie. Ces battements influencés par la respiration, sont naturellement d'autant plus marqués que cette agitation ou ces cris sont plus prononcés.

Nous avons repris l'étude de la question, nous servant, de même que dans toutes nos expériences, d'un cylindre

(1) Langlet, *Sur la physiologie du sommeil*, Th. Paris, 1872.

(2) Le sphygmographe à transmission aurait paré à ce dernier inconvénient.

enregistreur, muni d'un régulateur de Foucault, pour recueillir nos tracés. Cet appareil nous permet d'enregistrer un phénomène pendant un temps considérable, et présente de plus l'avantage de pouvoir toujours nous renseigner sur la durée de l'ensemble ou de certaines parties de ce phénomène (1).

Après avoir employé d'abord un explorateur à tambour que nous maintenions à la main, sur la fontanelle de l'enfant, nous avons bientôt reconnu la nécessité de le fixer à la tête même de celui-ci. Dans ce but, nous nous sommes servi d'un tambour composé d'une petite cuvette métallique fermée par une membrane de caoutchouc, repoussée par un faible ressort intérieur. La cuvette présente un tuyau latéral que l'on adapte au tube de transmission qui aboutit lui-même à un tambour à levier enregistreur.

Nous appliquons sur la fontanelle médiane antérieure la membrane de l'explorateur, à la face métallique duquel nous avons adapté un ruban élastique que nous ramenons au-dessous de l'occiput de l'enfant, pour le serrer avec ménagement. (2)

(1) Connaissant en effet la mesure de la circonférence du cylindre, représentée par la longueur du papier déployé, laquelle est de 42 centimètres, sachant d'autre part qu'avec l'axe que nous avons employé, le cylindre fait un tour en une minute, il est toujours facile d'apprécier la durée d'un phénomène. Si, en projetant la courbe qui le représente, sur la ligne des abscisses, nous trouvons qu'elle correspond par exemple à 42 millimètres, nous pourrons en conclure que le phénomène a duré 6 secondes, etc. (Voir pour plus de détails et pour tout ce qui a trait à la technique graphique : Marey, *La méthode graphique*, in Travaux du laboratoire, années 1875 et 1876.)

(2) Un ruban élastique est nécessaire pour maintenir l'appareil, qui se déplace avec un ruban ordinaire. Il n'en est plus de même si l'on ra-

Dans ces conditions, nous sommes arrivé, à diverses reprises, à enregistrer, pendant plusieurs heures consécutives, les battements de la fontanelle, dans un grand nombre de circonstances.

Nous avons pu suivre, en effet, les variations d'inscription qu'amenaient les phases successives de calme ou d'agitation, de sommeil ou de réveil, ainsi que certains actes, tels que l'effort, les cris, la toux, le bâillement, l'éternument, l'action de téter. Nous allons les envisager successivement.

§ 1. — Inscription des battements pendant le sommeil et dans l'état de calme.

Le type de calme le plus parfait est assurément, chez l'enfant, celui qui correspond à un sommeil profond et paisible. C'est dans ces conditions que nous avons pris les tracés de la figure qui suit :



Fig. 1. — Battements de la fontanelle antérieure d'un enfant de 6 semaines (ligne F), pendant le sommeil, et Respiration thoracique (ligne R), enregistrés simultanément.

Cette figure nous montre d'abord une ligne in-

même celui-ci au-dessous du menton : mais, dans ces conditions, on ne saurait accorder aucune confiance aux tracés obtenus, tracés modifiés par l'action des muscles masticateurs et par ceux de la région hyoïdienne.

férieure, celle de la respiration, dont nous avons pris le tracé, au moyen d'un *pneumographe* (1) fixé autour de la cage thoracique de l'enfant. Ce tracé comprend une suite d'ondulations correspondant chacune à un acte respiratoire (2). Ces ondulations sont très-sensiblement égales entre elles, ce qui marque bien l'égalité et la régularité de la respiration, pendant le sommeil de l'enfant.

La ligne supérieure est celle des battements de la fontanelle; une ligne de repère ponctuée permet bien d'en apprécier le niveau général. Ici encore, nous avons des ondulations égales et régulières, mais plus petites et plus nombreuses. Elles correspondent aux pulsations des artères et représentent spécialement les variations rhythmées de turgescence de l'encéphale, en rapport avec les systoles cardiaques.

Les mouvements respiratoires, comme il est aisé de s'en rendre compte, n'exercent nulle influence, dans ce cas spécial, sur les battements de la fontanelle (3).

(1) Voir pour la description et le fonctionnement de l'instrument : Marey, *La méthode graphique*, in Travaux du laboratoire, 1876, p. 148.

(2) L'inspiration est marquée par la descente : l'expiration, par l'ascension de la courbe.

(3) Ce graphique peut nous donner encore d'autres renseignements. Il présente, en effet, d'une part 13 actes respiratoires, et offre d'autre part 32 pulsations. Nous pouvons en conclure que la fréquence du cœur était à la respiration comme 2 1/2 : 1. Le tracé correspondant à peu près à 1/4 de minute, il en résulte en outre que les respirations atteignaient le chiffre de 52, les pulsations celui de 130 environ par minute. Ce dernier nombre ne présente rien d'anormal chez un enfant de six semaines; le premier est un peu au-dessus de la moyenne donnée par les auteurs, qui s'accordent à regarder les fonctions de nutrition comme étant un peu ralenties pendant le sommeil.

Le sommeil constitue un état spécial sur lequel nous ne saurions nous appuyer uniquement pour étudier la production des battements de la fontanelle, pendant le calme. Le graphique suivant, pris sur le même sujet, correspond à une période de tranquillité pendant laquelle l'enfant est réveillé.

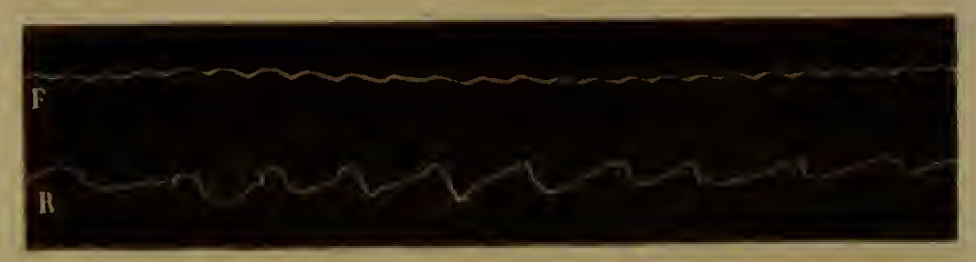


Fig. 2. — Battements de la fontanelle (ligne F) et Respiration (ligne R), enregistrés simultanément chez un enfant calme et réveillé.

Les élément sont les mêmes que dans la première figure, bien qu'ils n'en présentent pas la régularité typique.

La respiration (ligne R) est presque régulière ; il en est de même des battements de la fontanelle qui, comme dans le premier exemple, sont rhythmés avec le pouls. Leur niveau général n'est plus absolument horizontal, il est vrai ; de plus, les petites oscillations correspondant aux pulsations de la fontanelle sont moins élevées que celles de la figure 1, ce qui concorde avec un accroissement de la tension intra-crânienne, par conséquent aussi avec une augmentation de la turgescence de l'encéphale, pendant l'état de veille (1). Les batte-

(1) Sans avoir la pensée de traiter ici la question du sommeil, qui exigerait de grands développements, nous rappellerons seulement en quelques mots que pendant longtemps la théorie du sommeil par compression ou par congestion de l'encéphale a régné sans conteste. Cette théorie s'appuyait surtout sur la position horizontale que l'on prend

ments de la fontanelle, de même que dans le premier cas, ne paraissent ici nullement influencés par l'action de la respiration.

Les deux exemples précédents nous autorisent donc à dire que, dans l'état de calme, soit pendant le sommeil, soit pendant la veille, les mouvements du cerveau, qui se traduisent par les battements des fontanelles, ne dépendent, chez l'enfant, que de l'influence cardiaque.

§ 2. — Modifications déterminées par l'agitation, les cris, etc.

Après avoir étudié les battements des fontanelles chez l'enfant calme et tranquille, il nous faut les considérer à présent dans les circonstances opposées, c'est-à-dire dans le cas d'agitation ou de cris.

habituellement en dormant. Chacun sait cependant qu'on peut dormir debout. Nous verrons nous-même plus loin que le sommeil est conciliable, au moins pendant quelque temps, avec les attitudes les plus opposées (v. p. 59)

Depuis quinze ans, à la suite d'observations faites en Amérique, sur l'homme et les animaux pendant le sommeil naturel et anesthésique, par Durham, Hammond et Beldford-Brown, la théorie de l'anémie s'est peu à peu introduite dans la science, bien qu'on ait essayé de revenir à la première, en se fondant principalement sur la contraction de la pupille pendant le sommeil (Langlet).

Pour nous, nous sommes porté à admettre, avec l'école moderne, l'anémie pendant le sommeil. Les tracés des battements de la fontanelle durant le sommeil, ainsi qu'on peut s'en assurer en se reportant à la fig. 1 correspondent bien avec cette manière de voir. Les pulsations qui retracent l'expansion vasculaire du cerveau sont bien plus amples que dans la fig. 2, ce qui indique une réplétion moindre de l'encéphale, ainsi que nous l'avons déjà dit. Toutefois, nous envisageons cette anémie, non comme la *cause* de cet état, car, à ce compte, le sommeil ne serait qu'un degré de la syncope, ce qu'il serait difficile de soutenir avec Fleming, mais comme l'*effet du repos de la cellule nerveuse*, ainsi que

Afin de mieux saisir l'enchaînement des phénomènes entre ces deux états opposés, nous commencerons par envisager un type mixte, dont les conditions étaient réalisées, au moment où nous recueillions les tracés de la figure 3.

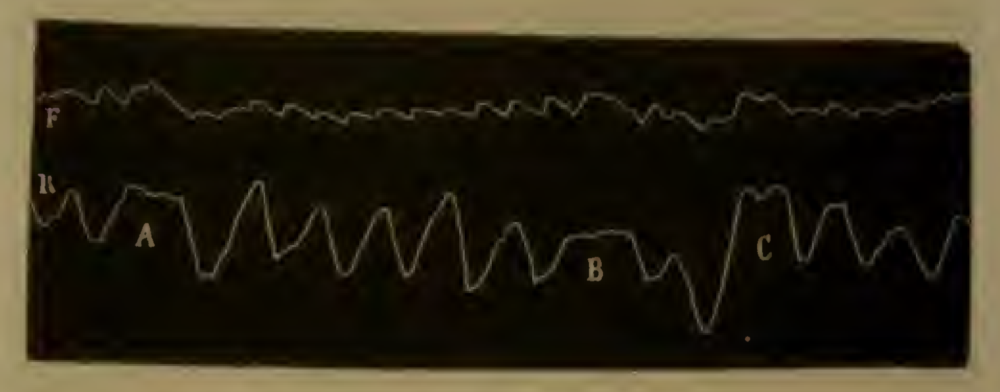


Fig. 3. — Battements de la fontanelle chez un enfant dont la respiration est entrecoupée par des soupirs, aux points A, B et C.

Ici encore, les battements de la fontanelle correspondent aux pulsations artérielles et par conséquent à l'action cardiaque ; toutefois, une deuxième influence vient se joindre, par moments, à la première, celle de la respiration dont l'exagération est fidèlement retracée aux points A, B et C du tracé respiratoire. A ces instants, l'enfant respire largement et avec force, et ces modifications se reflètent très-nettement aux points correspondants du tracé des battements de la fontanelle.

A cette période intermédiaire fait suite une agitation

l'a déjà fait le Dr Polin (*Essai de physiologie sur le sommeil*, Th. Paris, 1876). L'analogie conduit du reste à cette notion, car, ainsi que l'a fait observer le professeur Cl. Bernard qui a justement insisté sur ce point, « quand un organe est au repos, il contient moins de sang que lorsqu'il travaille. » (V. Cl. Bernard, *Leçons sur les anesthésiques*, 1876, 3e et 4e leçons; et Rev. des Deux-Mondes, 14 mars 1872. *Des fonctions du cerveau.*)

violente ; l'enfant crie, et l'on a peine à croire que la figure 4 représente les mêmes éléments que les figures 1 et 2.



Fig. 4. — Battements de la fontanelle (ligne F) enregistrés en même temps que les courbes de la respiration thoracique (ligne R), pendant les cris.

Ici, comme tout-à-l'heure cependant, la ligne supérieure correspond aux mouvements de la fontanelle ; la ligne inférieure, à la respiration thoracique.

La première ne rappelle en rien la précédente, et, disons-le de suite, l'influence exercée par la respiration prédomine à tel point que l'influence cardiaque est absolument masquée, ou tout au moins indéchiffrable, sauf en quelques rares points.

Les tracés fournis par la fontanelle et par les mou-

vements respiratoires sont-ils du moins assimilables? De prime abord, ce rapprochement paraît assez difficile.

On saisit cependant bientôt un rapport entre les ondulations les plus marquées de chacun des tracés; mais, tandis que les unes sont à peu près parallèles, les autres sont en opposition, une dépression de la respiration correspondant alors à une saillie du tracé de la fontanelle. Cette contradiction toutefois n'est qu'apparente, mais il est nécessaire d'entrer dans quelques explications, pour la réduire à néant.

Dans les conditions ordinaires, et par exemple dans les cas où ont été recueillis les tracés des trois figures précédentes, deux pneumographes appliqués, l'un au thorax, l'autre à l'abdomen, donnent des tracés sensiblement parallèles.

Dans la respiration brusque et exagérée et particulièrement lors des cris, de la toux, etc., les tracés de la respiration thoracique et abdominale sont très-souvent inverses, la courbe respiratoire thoracique étant intervertie. Le professeur Bert a déjà signalé, chez le chien, un antagonisme de ce genre « entre le jeu de la partie inférieure et celui de la partie supérieure du thorax », (1) quand la respiration est purement diaphragmatique.

Dans un remarquable travail sur la pneumographie,

(1) P. Bert, *Leçons sur la physiologie comparée de la respiration*. Paris, 1870.

le docteur Mocquot (1) a appelé l'attention sur la production de cette inversion chez l'homme.

Inscrivant simultanément la respiration de trois manières, au moyen de deux pneumographes fixés à la cage thoracique et à l'abdomen, et par l'intermédiaire d'un réservoir auquel aboutit un tube, dans lequel respire le sujet de l'expérience (2), l'auteur a constaté que les trois courbes parallèles dans la respiration normale, changent de nature, quand la respiration devient brusque et saccadée. Le parallélisme existe encore entre les tracés de la respiration abdominale et ceux du réservoir, les derniers, faisant foi ; mais, le tracé thoracique est en opposition avec les deux autres.

Nous avons souvent vérifié, en particulier sur nous-même, cette inversion des tracés. Par quel mécanisme se produit-elle dans ces circonstances ?

Les muscles abdominaux se contractant vivement, refoulent subitement et avec force le diaphragme dans le thorax ; il en résulte une augmentation considérable de pression thoracique. « Cette augmentation de pression produit deux effets simultanés : *dilatation du thorax* et expulsion au dehors d'une certaine quantité d'air » (3). La descente de la courbe respiratoire thoracique *en expiration* en est la conséquence.

(1) G. Mocquot, *Essai de pneumographie*, pour servir à l'étude des maladies des enfants. Th. Paris, 1875

(2) Un deuxième tube, partant de la bonbonne qui sert de réservoir, aboutit à un tambour enregistreur influencé par les variations de pression dans la bonbonne, pression moindre en inspiration, plus forte en expiration : d'où la descente de la plume du tambour inscripteur dans le premier cas, son ascension dans le second.

(3) Mocquot, *loc. cit.*, p. 21.

Son ascension en inspiration, dans ces conditions, s'explique par un mécanisme inverse. Le diaphragme qui a été violemment refoulé se contracte énergiquement et, en s'abaissant, entraîne les poumons, tandis que la cage thoracique, distendue par l'acte précédent, revient sur elle-même : l'inspiration est uniquement produite par la contraction du diaphragme.

Les tracés de la figure 4 correspondent à des cris dont la violence était variable ; quand elle était très-prononcée, le tracé thoracique devait accuser, en vertu du mécanisme que nous avons signalé (1), une ascension de la courbe, là où dans la respiration normale aurait existé une descente.

Nous voyons, en effet, que le tracé de la fontanelle est souvent en opposition complète avec celui de la respiration thoracique; dans d'autres endroits, les deux tracés concordent, dans une certaine mesure. C'est que le thorax, à peu près passif, comme nous l'avons expliqué, lors des cris exagérés, intervient cependant d'une manière active, dans la production des cris moins prononcés. C'est ainsi qu'au commencement de chacun des tracés de la figure 4, nous voyons deux inflexions correspondantes en F et R. On retrouve d'autres concordances dans leur partie moyenne.

(1) Ce mécanisme se produisant chaque fois que la respiration est déterminée par la contraction brusque des muscles abdominaux, particulièrement pendant les cris, il semble qu'il y aurait eu avantage à appliquer le pneumographe à l'abdomen. Cependant, les contractions musculaires produisent de telles irrégularités et modifient à tel point le tracé des variations du diamètre abdominal de l'enfant, qu'il est encore préférable d'opérer comme nous l'avons fait.

On y voit, par contre, des ondulations en opposition absolue. Signalons notamment l'inversion manifeste qu'on observe au point E, où existent deux repères ponctués verticaux, point qui se rapporte à l'émission d'un cri aigu et bref, avec contraction énergique des muscles abdominaux qui refoulent le diaphragme.

Cette inversion est des plus notables en O, période qui correspond à un cri prolongé déterminant une ascension extrême du tracé de la fontanelle.

A ces moments, la pression intra-abdominale est brusquement élevée, à la suite des contractions spasmodiques des muscles abdominaux ; la pression intra-thoracique monte de son côté, par suite du refoulement subit du diaphragme. Toutes les conditions sont donc réunies pour refouler le sang de l'aorte et des veines caves dans les vaisseaux périphériques. Ainsi s'explique la tension si marquée de la fontanelle, conséquence de l'accroissement de la turgescence cérébrale.

Dans le bâillement et dans la toux, l'appareil explorateur nous a permis de constater également des soulèvements notables de la fontanelle, soulèvements que l'on pourra d'ailleurs observer dans toutes les circonstances entraînant une exagération momentanée dans la production des actes respiratoires.

Avant d'aller plus loin, signalons une fois pour toutes, l'avantage que nous avons retiré dans cette étude de l'emploi de la méthode graphique.

Les résultats sur lesquels nous nous appuyons ne peuvent être récusés ; l'interprétation seule peut varier. En effet, les phénomènes que nous avons observés, s'é-

tant inscrits en quelque sorte eux-mêmes, nous ont laissé une trace permanente de leur production, qui nous permet, ainsi qu'au lecteur, de nous reporter toujours à nos expériences antérieures.

Le véritable caractère de ces phénomènes essentiellement transitoires a pu nous échapper, par suite de l'imperfection de nos sens, pendant la durée de nos observations. Il n'en est plus de même, quand nous sommes en présence des graphiques qui les traduisent.

Mieux que tous les raisonnements, les opinions absolument opposées des auteurs qui nous ont précédé, démontreront les avantages de l'inscription graphique.

Nous voyons d'une part Ravina (1), ayant recours à la vue et à la palpation pour l'examen des battements des fontanelles, constater le mouvement qui se rattache à l'action cardiaque, dont il rapporte l'origine aux artères de la dure-mère. Cet auteur ne peut découvrir de mouvements correspondant à la respiration ; tout au plus, observe-t-il, d'obcurs changements, quand l'enfant pousse des cris.

Plus tard, nous voyons Ecker (2) ne point parvenir à constater l'existence de battements synchrones au pouls, observer, par contre, des mouvements correspondant à la respiration de l'enfant.

Entre ces deux opinions contraires, l'inscription graphique nous a permis d'établir un moyen terme et d'affirmer que l'influence cardiaque qui se traduit seule,

(1) Ravina. *Mémoires de l'Acad. des sciences de Turin* pour 1811 et 1812. Turin, 1813

(2) Ecker, *Physiol. Untes uchungen über die Bewegungen des Gehirnsr* Stuttgart, 1843.

dans l'état de calme et pendant le sommeil, sur les battements des fontanelles, peut faire défaut, quand elle est masquée par l'influence prépondérante de la respiration, alors que celle-ci est très-exagérée. Un type intermédiaire formé par la combinaison des deux influences, se rencontre entre ces deux extrêmes, comme nous avons eu lieu de le voir.

§ 3. — Modifications amenées par la succion.

Examinons à présent quelle influence exerce la succion sur les battements de la fontanelle d'un enfant qui tète. Les tracés qu'on obtient dans ce cas, sont très-variables suivant les instants, et se modifient notablement, selon que l'enfant tète avec plus ou moins d'énergie.

La figure 5 correspond au moment où l'on donne le sein à l'enfant. La troisième ondulation respiratoire, qui offre un plateau assez prononcé, se rapporte à l'instant



Fig. 5. — Battements de la fontanelle (ligne F) et respiration thoracique (ligne R), enregistrés simultanément pendant la succion

où il saisit le sein. En T, il commence à téter. Nous voyons aussitôt la ligne supérieure qui représente les battements de la fontanelle changer d'aspect. Les pe-

tites oscillations, d'origine cardiaque, qui se montraient seules auparavant, avec quelques petites irrégularités, viennent se greffer à présent sur des ondulations plus prononcées, en rapport avec la respiration. Ces grandes ondulations sont de même sens que celles de la respiration thoracique représentée au-dessous, et leur correspondance est mise hors de doute par les repères.

La suite du graphique aurait montré de grandes modifications, les ondulations provoquées par la respiration sur le tracé de la fontanelle, allant en s'éteignant de plus en plus, à mesure que l'enfant tète avec moins de force, de façon à ne plus laisser paraître à la fin que les oscillations cardiaques.

L'accord des deux courbes de la fontanelle et de la respiration, que montre la figure 5, nous permet de conclure que, pendant la succion, la respiration était essentiellement thoracique. Nous voyons en outre qu'elle ne s'arrêtait pas pendant la succion, l'inspiration coïncidant avec cette dernière.

§ 4. — Modifications provoquées par les changements d'attitude.

Nous avons pu enregistrer également les modifications imprimées aux battements de la fontanelle et à sa tension par les *variations d'attitude* auxquelles on soumettait l'enfant.

Pour obtenir ces modifications aussi pures que possible, et sans qu'elles puissent être altérées, dans l'exécution de ces changements de situation, par les cris ou les mouvements de l'enfant, il était à désirer que celui-

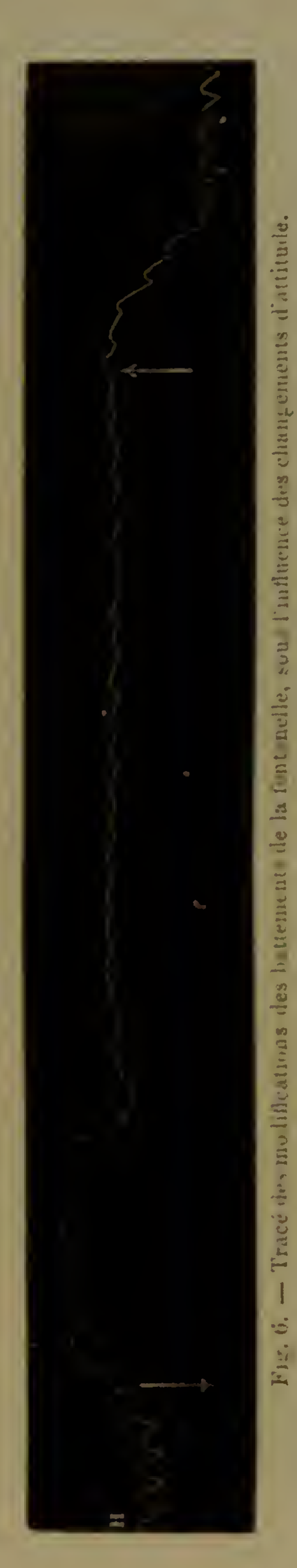


Fig. 6. — Tracé des modifications des battements de la fontanelle, sous l'influence des changements d'attitude.

ci fût en quelque sorte passif. Aucun état ne pouvait nous être plus favorable, sous ce rapport, que le sommeil. C'est en effet le moment que nous avons choisi.

La figure 6 représente le tracé des mouvements de la fontanelle correspondant à trois attitudes différentes.

Les modifications qu'elles ont amenées nous ont paru fort intéressantes.

En H, l'enfant dort avec calme ; il est couché sur les genoux de sa mère. De même que dans la figure 1, on ne distingue à ce moment que des oscillations d'origine cardiaque.

A l'endroit indiqué par une flèche renversée, on baisse la tête de l'enfant : aussitôt la fontanelle se tend fortement, ainsi que l'indique l'ascension considérable du tracé de ses mouvements. Après quelques secousses irrégulières, au milieu desquelles il est assez difficile de distinguer la pulsation cérébrale, la ligne s'abaisse notablement, pour se maintenir ensuite à un niveau moins élevé, supérieur toutefois à celui de l'attitude précédente, dans laquelle l'enfant était en position horizontale. Les oscillations déterminées par la systole du cœur se détachent

nettement, mais leur caractère n'est plus le même; leur élévation est bien moindre, ce qui indique une augmentation considérable de la tension intra-crânienne.

L'enfant ayant été maintenu, près d'un quart de minute, en cette attitude, est amené au point où se trouve une flèche dressée, en situation opposée, c'est-à-dire la tête en haut. Le tracé subit immédiatement un abaissement très-marqué et arrive à s'arrêter à un niveau inférieur, non-seulement par rapport au précédent, mais aussi par rapport à celui de la position horizontale.

A la suite de ce dernier changement d'attitude, les oscillations qui répondent à l'influence cardiaque ont repris leur ampleur primitive, laquelle accuse une diminution de la pression intra-crânienne. On sait, en effet, depuis longtemps, qu'en appliquant un manomètre aux artères d'un animal, les oscillations de la colonne manométrique sont généralement d'autant plus amples, que la pression est moins élevée. Notre maître, le professeur Marey, a le premier appelé l'attention sur l'importance qu'il faut attacher à cette notion dans l'examen du pouls, en réduisant à néant l'ancienne opinion qui voulait qu'un pouls fort fût *toujours* la conséquence de l'énergie des systoles du ventricule (1).

Les changements d'attitude nous ont permis de voir, en résumé, que la tension de la fontanelle au maximum, quand la tête est abaissée, est moins forte en position horizontale, moins forte encore la tête étant élevée.

Dans la première attitude, la pesanteur agit comme

(1) Voir pour plus de détails : Marey. *Physiologie médicale de la circulation*, p. 227 et 235; et Travaux du laboratoire, 1875, p. 360 et suiv.

cause favorable sur l'afflux du sang artériel, comme cause défavorable sur l'écoulement veineux : la turgescence encéphalique doit donc être augmentée.

Dans l'attitude inverse, qui est celle de la station debout, la pesanteur entrave, dans une certaine mesure, la progression vers l'encéphale de l'ondée sanguine artérielle, tandis qu'elle favorise le retour du sang veineux vers l'oreillette droite : la turgescence de l'encéphale doit donc diminuer.

Enfin, en situation mixte, en d'autres termes dans la position horizontale, la turgescence est intermédiaire, toutes choses égales d'ailleurs.

Ces trois états différents se lisent, en effet, sur le graphique que nous avons analysé (1).

CHAPITRE II.

MOUVEMENTS OBSERVABLES CHEZ L'HOMME, AU CRANE ET AU RACHIS, DANS DIVERS CAS MORBIDES.

Les mouvements dépendant des variations de réplétion vasculaire des organes contenus dans la cavité céphalo-rachidienne sont observables dans diverses circonstances pathologiques au crâne et à la colonne vertébrale.

On les rencontre particulièrement au crâne, dans l'encéphalocèle, le cancer ou la carie syphilitique des os

(1) Nous avons répété à diverses reprises ces variations d'attitude sur le même sujet, et pendant tout ce temps il a pu continuer à dormir avec calme.

du crâne, les fractures de la voûte, récentes ou anciennes, enfin, à la suite de la trépanation pratiquée par la main du chirurgien.

On peut les observer également au rachis, dans les cas de spina-bifida.

A. *Mouvements observables au crâne.*

Les diverses tumeurs que nous avons énumérées sont le siége de pulsations isochrones à celles du pouls, et de mouvements coïncidant avec l'expiration, les efforts, les cris, la toux, l'éternument, etc. Ces derniers mouvements sont bien moins accentués et peuvent même ne plus être perceptibles, ni à l'œil, ni à la palpation, pendant le repos et le sommeil.

Les perforations de la calotte crânienne, amenées par le développement d'affections cancéreuses ou autres, et surtout celles qui résultent des fractures, peuvent mettre à nu la dure-mère ou le cerveau lui-même.

Dans ces cas, aussi bien qu'à la suite de l'opération du trépan, on peut observer les deux ordres de mouvements (1), dont il a déjà souvent été question, soit directement sur le cerveau mis à nu, soit par l'intermédiaire de la dure-mère. Parfois aussi, à la suite de fractures, on observe l'issue du pus ou du liquide céphalo-

(1) Roser a observé deux fois l'absence de ces mouvements, dans le cas de dénudation de la dure-mère. Nous avons parfois constaté le même fait, à la suite de trépanations pratiquées sur le chien. Nous essaierons, le moment venu, d'interpréter cette apparente anomalie.

rachidien qui s'écoule d'une manière rhytmée avec les mouvements d'expiration.

Une perte de substance de la voûte du crâne, ou une trépanation, permettent encore, lorsque le malade est rétabli, d'observer les mouvements cérébraux à travers la peau qui recouvre l'ancienne dénudation. Dans un cas de ce genre, l'adulte présente une sorte de fontanelle artificielle qui le replace, à cet égard, dans les conditions premières de son existence. Nous avons été assez heureux pour rencontrer un cas rentrant dans cette dernière catégorie ; c'est de lui que nous allons nous occuper à présent.

Inscription des mouvements du cerveau, dans un cas de perte de substance crânienne.

Le sujet sur lequel porta notre observation, était un homme de 30 ans, qui tomba, à 15 ans, du grand mât sur le pont du navire où il servait en qualité de mousse. Il en résulta une fracture avec perte de substance très-étendue de la partie gauche du frontal, pour laquelle le malade fut traité par le Dr A. Duval, à l'hôpital de Brest où il séjourna longtemps. Indépendamment des symptômes très-graves qui se déclarèrent aussitôt après l'accident, à la suite duquel le blessé eut une perte de connaissance très-prolongée, il garda pendant longtemps de l'aphasie et de l'amnésie.

D'un caractère taciturne et difficile, B... était sujet, quand nous le vîmes, à des accidents épileptiformes, pour lesquels il avait été admis, à diverses reprises,

dans plusieurs hôpitaux de Paris. Entré dans le service du professeur Broca, à l'hôpital des Cliniques, le malade présentait à cette époque, au niveau de la bosse frontale du côté gauche, une vaste dépression à bords assez irréguliers, ayant à peu près l'étendue d'une pièce de 5 francs en argent. La peau, qui offre à cet endroit des stries de tissu inodulaire, est cependant molle, et l'excavation très-prononcée quand le malade est debout, l'est moins lorqu'il est couché. Elle se gonfle dans les efforts, quand le malade souffle ou lorsqu'il tousse, surtout quand il penche la tête en avant. Non-seulement la dépression peut alors disparaître, mais, à la place de l'excavation existant un instant auparavant, on peut voir la peau arriver au niveau de celle des parties voisines ou même bomber assez pour offrir l'apparence d'une petite tumeur.

Le professeur Broca voulut bien nous autoriser à recueillir l'inscription graphique de ces changements de niveau. Nous eûmes recours à l'explorateur à tambour (1) du professeur Marey, dont nous appliquions le bouton sur la région correspondant à la perte de substance osseuse.

En même temps, nous prenions le tracé du pouls radial, au moyen d'un sphygmographe à transmission, tandis qu'un pneumographe appliqué sur la cage thoracique, nous donnait la courbe respiratoire.

Les tracés furent recueillis (2) sur le malade assis

(1) Voir pour sa description : Marey, Travaux du laboratoire, 1875, p. 32.

(2) Ils furent obtenus le 18 juin et le 10 juillet 1875, avec l'assistance

ou debout, la tête étant légèrement inclinée en avant.



Fig. 7. — Graphique des mouvements communiqués aux parties molles qui recouvrent le cerveau, chez un individu ayant subi une perte de substance du crâne. — C. Tracé frontal; P. Pouls radial; R. Respiration (avec repères horizontaux et verticaux.)

Dans les conditions ordinaires, le malade étant tranquille, sa respiration calme et régulière, nous remarquons que les systoles cardiaques traduisent seules leur influence sur le tracé frontal que reproduit la première ligne de la figure 7.

On ne peut y découvrir de modifications imprimées par la respiration égale et régulière que représente la ligne inférieure. Le pouls (ligne moyenne) nous montre un dicrotisme que nous retrouvons très-accentué dans le tracé cérébral.

La première partie de la figure 8 reproduit les mêmes effets ; mais le malade vient-il à faire un effort, ainsi que nous l'y engageons, aussitôt la scène change.

A la deuxième ondulation de la courbe respiratoire

du Dr F. Franck. Le malade ayant quitté l'hôpital, nous ne pûmes réaliser sur lui diverses recherches que nous avions encore en vue.

succède une ligne presque horizontale, qui marque la durée de l'effort.



Fig. 8. — Graphique des mouvements imprimés aux parties molles qui recouvrent une perte de substance crânienne, pendant l'effort. — C. Tracé frontal; P. Pouls radial; R. Respiration.

La partie correspondante du tracé du pouls radial nous montre une série de pulsations ascensionnelles en escalier qui indiquent, d'une manière non douteuse, l'augmentation de la pression artérielle, dont nous retrouvons les effets dans l'ascension si notable du tracé frontal (1), qui permet encore de distinguer quelques soubresauts en rapport avec la pulsation cardiaque.

Aussitôt que cesse l'effort, nous pouvons constater, en même temps que la reprise de la respiration, la

(1) L'augmentation de la pression artérielle n'est sans doute pas seule en cause dans ce tracé, et il faut tenir compte également de l'élévation de pression dans les veines intra-crâniennes.

descente assez brusque du tracé cérébral, aussi bien que l'abaissement de la tension artérielle, dans le tracé de la radiale. Les deux lignes tombent même un peu au-dessous de leur niveau primitif (1).

La suite du tracé, après cessation de l'effort, aurait montré que la respiration étant redevenue calme, l'explorateur des battements encéphaliques n'a plus indiqué que l'influence cardiaque.

L'exemple suivant montre encore bien l'apparition de l'influence respiratoire, dans un cas où l'expiration est notablement exagérée.

Dans le commencement du tracé de la figure 9, nous voyons, ainsi que dans les deux précédentes, la traduc-



Fig. 9. — Influence d'une expiration brusque sur le tracé des mouvements cérébraux dans un cas de perte de substance crânienne.

tion des pulsations cérébrales correspondant aux systoles du cœur.

(1) Après quelques pulsations, ce niveau est de nouveau graduellement atteint. Cet abaissement de la courbe, après l'effort, au-dessous du niveau du début, tient, ainsi que l'a établi Marey (*Physiol. méd. de la circulation*, p. 296), au reflux exagéré du sang, des artères périphériques vers l'aorte subitement décomprimée, laquelle se remplit au détriment des artères, dont la pression primitive n'est atteinte qu'après qu'un certain nombre de systoles cardiaques ont versé dans l'arbre artériel une quantité de sang suffisante pour la rétablir.

Nous invitons ensuite le malade à exécuter un mouvement d'expiration brusque et énergique.

Cet acte est précédé par une petite période de préparation, pendant laquelle nous voyons s'élever un peu le niveau des ondulations qui perdent de leur régularité. Pendant cet instant, en effet, le malade se recueille en quelque sorte, afin de pousser vigoureusement l'expiration (1) dont les effets se traduisent d'une manière si nette, par une saillie très-élevée dont l'ascension est très-rapide, la descente plus rapide encore. Pendant ce temps, les oscillations correspondant aux pulsations artérielles sont absolument masquées et ne reparaissent qu'à la fin de la descente de l'ondulation respiratoire.

Nous pouvons résumer cette observation en disant que *l'influence respiratoire* n'apparaît sur le tracé cérébral que *dans le cas de respiration exagérée*, dans l'effort, etc. *L'influence cardiaque* étant *seule marquée dans la respiration normale*, se traduit, dans ce cas, par une série d'oscillations parallèles à celles du pouls, dont elles reproduisent le dicrotisme (2).

(1) Nous n'avons pas reproduit le tracé de la respiration dans cet exemple. De même que dans l'exploration de la fontanelle, la courbe respiratoire était intervertie, au moment où le malade exécutait sa brusque expiration déterminée par l'action des muscles abdominaux. Nous avons suffisamment insisté sur le mécanisme de cette inversion (v. p. 52), pour n'avoir plus besoin d'y revenir.

(2) Depuis la publication de notre premier travail, a paru une étude fort intéressante dans laquelle les D[rs] Giacomini et Mosso, de Turin, se sont également appliqués avec succès à recueillir l'inscription des mouvements du cerveau chez une malade ayant perdu une grande partie de la voûte crânienne à la suite d'une nécrose syphilitique, malade qu'ils ont pu suivre pendant plusieurs mois. Le travail de ces auteurs,

Ces résultats confirment pleinement ceux que nous avons obtenus, en explorant les battements de la fontanelle.

B. *Mouvements observables au rachis.*

Les tumeurs désignées sous le nom de *spina-bifida* ou *hydrorachis*, qui occupent le plus souvent la région lombaire ou sacrée, sont encore le siége de mouvements d'expansion ou de retrait. Les auteurs sont d'accord pour dire que la tumeur se distend pendant les cris ou les efforts d'expiration de l'enfant, et qu'elle semble s'affaiser pendant l'inspiration. Ces mouvements sont évidemment transmis aux parois de la poche par le liquide céphalo-rachidien refoulé par l'augmentation du calibre des appareils vasculaires intra-rachidien et intra-crânien, à la suite de l'expiration.

dont les résultats sont consignés dans une note présentée à l'Institut le 3 janvier 1877, a paru peu de temps auparavant dans un journal italien : *Archivio per le scienze mediche.*

Indépendamment des modifications déterminées par les actions cardiaque et respiratoire, ces auteurs ont encore étudié les modifications plus longues et plus obscures se rattachant à l'action des vaso-moteurs. Les résultats que nous avons obtenus s'accordent en général avec ceux des auteurs italiens. Nous croyons qu'ils ont toutefois attaché une trop grande importance à quelques détails de la forme des oscillations cérébrales, qui varieront toujours un peu, suivant l'étendue plus ou moins grande de la dénudation crânienne. Nous ferons encore observer que les Drs Giacomini et Mosso qui disent eux-mêmes que la respiration exerce une faible influence, dans le cas de grande tranquillité sur les mouvements du cerveau, auraient pu aller plus loin et affirmer l'absence complète de cette influence lors du calme complet, comme ils pourront s'en convaincre, en se reportant à quelques-uns de leurs tracés. Ces réserves faites, nous sommes heureux de nous être rencontré avec ces auteurs, dans cette partie de notre étude.

Follin et les auteurs en général, ne parlent pas de battements coïncidant avec le pouls, battements qu'on observe par contre dans les tumeurs que présente la boîte crânienne, dans les cas d'encéphalocèle par exemple. Cruveilhier, qui a observé plusieurs cas de spina-bifida dans la région lombaire, dit qu'il n'a pu y découvrir de mouvements isochrones aux battements du pouls, ce qu'il explique par l'absence d'artères volumineuses dans la moelle épinière (1).

Il n'est pas douteux cependant que des mouvements peu marqués, se répartissant sur une large surface, aient pu échapper à la vue ou à la palpation. Nous ne prétendons cependant rien affimer touchant la réalité de battements de ce genre, dans l'hydrorachis. (2) Nous sommes même d'autant plus porté à croire à leur absence ou à leur extrême faiblesse que dans les cas d'hydrorachis, l'extensibilité des fontanelles non encore ossifiées, permet encore de petites variations de capacité de la boîte crânienne à la suite des mouvements d'expansion vasculaire de l'encéphale.

(1) Cruveilhier, *Anat. desc.*, 4e éd., t. III, p. 362.

(2) Notre intention était d'avoir recours à l'inscription graphique, pour contrôler les mouvements qu'on observe dans le spina-bifida, mais nous n'avons pu, dans le cours de nos recherches, rencontrer un cas de ce genre.

CHAPITRE III.

EXPÉRIENCES SUR LES ANIMAUX

(*Trépanations*).

Nous diviserons en trois catégories les expériences que nous avons faites dans le but d'étudier les mouvements de l'encéphale et du liquide cérébro-spinal.

(A). Dans la première série d'expériences, la trépanation était pratiquée *sur les parois crâniennes.*

(B). Dans la seconde, elle était pratiquée *sur les parois du rachis.*

(C). Enfin dans la dernière série, la trépanation était faite concurremment *au crâne et au rachis.*

A. *Trépanations crâniennes.*

I. CONDITIONS DES EXPÉRRENCES.

A l'exemple de plusieurs auteurs dont nous avons signalé les recherches dans notre historique, nous avons pratiqué une ouverture arrondie à la boîte crânienne pour visser ensuite, à l'orifice ainsi obtenu, un tube dans lequel nous versions de l'eau pour en observer les oscillations.

Préoccupé de l'idée d'adapter à l'appareil un système de transmission qui nous permît d'enregistrer les oscillations du liquide, espérant d'un autre côté que ces oscillations auraient d'autant plus d'amplitude et se-

raient d'autant plus visibles que le tube fixé au crâne présenterait un calibre plus étroit, nous nous servîmes, dans nos premières expériences, d'un tube de verre de petit diamètre. Le pas de vis en laiton qui le terminait avait de 6 à 7 millimètres de diamètre. A l'extrémité opposée du tube, nous avions adapté un tuyau de caoutchouc aboutissant à un tambour à levier.

Dans les premières expériences que nous fîmes sur le lapin, nous n'arrivâmes à obtenir dans ces conditions que des oscillations insignifiantes, à peine visibles, et dont il nous fut impossible d'obtenir un bon tracé graphique.

Après quelques tentatives infructueuses de ce genre, nous fûmes conduit à penser que ces oscillations ne sont pas assez prononcées chez le lapin pour pouvoir être inscrites avec fruit. Nous fûmes amené, par suite, à recommencer la même expérience chez le chien. Ici encore, nous n'eûmes qu'un succès relatif. Ce ne fut qu'au bout d'un temps assez long, et après divers tâtonnements, que nous pûmes obtenir, pendant quelques minutes, l'inscription d'oscillations assez étendues. A ce moment, l'animal avait été placé en position verticale, la tête en haut. Dans cette attitude même, les oscillations s'éteignirent bientôt, pour ne plus reparaître.

A la suite de ces échecs successifs, nous résolûmes de changer notre manière d'opérer. Nous pratiquâmes des ouvertures plus larges aux parois crâniennes, y appliquant des couronnes de trépan de 2 centimètres de diamètre environ, aussi bien sur le lapin que sur le chien.

Voici la manière dont nous avons procédé et que nous

avons toujours suivie depuis. La trépanation opérée, et la rondelle osseuse enlevée, nous adaptons à l'orifice crânien un tube de verre de même diamètre ayant quelques centimètres de hauteur et retenu par le pas de vis que présente la garniture métallique qui le termine inférieurement. Cette garniture offre deux ailettes latérales qui permettent de fixer l'appareil avec plus de facilité. Le tube est fermé à sa partie supérieure au moyen d'un bouchon de caoutchouc, traversé par un petit tube de verre que continue un tuyau de caoutchouc qui aboutit lui-même à un tambour à levier enregistreur.

En versant de l'eau dans l'appareil, de telle sorte que son niveau corresponde à la partie moyenne du petit tube de verre, on rend l'excursion du liquide plus visible; mais, pour l'inscription du phénomène, il est préférable de ne verser du liquide que jusqu'au milieu du gros tube inférieur fixé à la boîte crânienne. Les oscillations se produisant ainsi, dans un tube plus large, nous parons, par là même, aux déformations de tracé qui peuvent, dans une certaine mesure, résulter des effets de vitesse acquise par le liquide, dans un tube de calibre étroit (1).

Les larges trépanations nous ont généralement donné de belles oscillations du liquide; parfois cependant, celles-ci nous ont fait défaut ou n'ont paru que lorsque l'animal avait été déplacé de sa position primi-

(1) La présence du liquide dans l'appareil, commode pour signaler à l'œil les changements de pression intra-crânienne et pour montrer que l'appareil ne fuit pas, est loin d'être indispensable pour l'inscription du phénomène dont nous avons parfois recueilli le tracé dans ces conditions.

tivement horizontale, pour être maintenu en situation oblique, la tête élevée.

L'absence ou la faiblesse des oscillations, avant cette manœuvre, et surtout dans les cas de trépanations de petit diamètre, peuvent-elles s'expliquer? C'est ce qui nous semble actuellement hors de doute. Chose singulière au premier abord, l'obstacle qui s'oppose, dans ces circonstances, à la production des oscillations qui doivent révéler les pulsations du cerveau, n'est autre que le cerveau lui-même ; c'est lui qui, venant au contact de l'orifice crânien, s'y applique étroitement de manière à fermer l'ouverture, à la façon d'un bouchon, qui ne permet plus au liquide chassé par l'expansion cérébrale de refluer dans le tube. Dans ces conditions, on pourra bien encore apercevoir de très-faibles oscillations du liquide contenu dans le tube, oscillations visibles surtout par le jeu de la lumière au contact de sa surface; mais ces déplacements minimes proviendront uniquement de la petite portion de surface encéphalique engagée dans l'orifice et formant hernie, celle-ci pouvant être le siége de mouvements très-faibles, en rapport avec la turgescence accrue ou diminuée de l'encéphale. On conçoit sans peine la production de ces hernies à la voûte du crâne, en se rappelant qu'à ce niveau les hémisphères sont normalement au contact de cette voûte dont ils ne sont séparés que par une nappe très-mince de liquide sous-arachnoïdien.

Nous avons pu constater d'une manière très-nette, dans une de nos dernières expériences, le rôle d'obtura-

teur que peut jouer la hernie cérébrale à la suite de la trépanation.

Après avoir appliqué notre appareil, nous avions pu inscrire de beaux mouvements fournis par un chien trépané. Ces mouvements, d'abord très-prononcés, allèrent en s'affaiblissant de plus en plus, jusqu'à devenir à peu près nuls. Ayant dévissé le tube fixé au crâne de l'animal, nous apercevons une hernie débordant considérablement la surface osseuse. Nous la refoulons doucement avec le doigt et la faisons ainsi rentrer dans la cavité crânienne. A ce moment, le cerveau ne pressant plus sur le rebord osseux, nous voyons le liquide céphalo-rachidien faire brusquement irruption entre le cerveau et l'os, sur tout le pourtour de la trépanation. Le tube étant revissé, les mouvements reparaissent pour diminuer peu à peu, à mesure que se reforme la hernie.

Un fait bien paradoxal en apparence, signalé par Flourens (1), vient encore à l'appui de notre explication. La ligature d'une partie des troncs artériels de l'encéphale rend les mouvements de cet organe plus manifestes. Flourens en conclut que ces mouvements sont surtout sous la dépendance de l'action veineuse. Pour nous, ce phénomène s'explique par la moindre turgescence de l'encéphale dont les voies d'apport sanguin sont diminuées. Le cerveau ne s'applique plus dès lors aussi étroitement contre la voûte crânienne, et l'œil saisit plus nettement ses déplacements.

La dure-mère étant intacte, la hernie peut encore se produire, mais elle est d'ordinaire moins prononcée.

(1) Flourens, *Recherches sur le syst. nerveux*, Paris, 2e éd., 1842, p. 331.

La hernie du cerveau se produit avec d'autant plus de facilité que l'orifice pratiqué à la voûte du crâne est plus étroit, ce qui explique le peu de réussite de nos premiers essais.

Quand par hasard la substance cérébrale est entamée, la hernie se développe presque fatalement et devient bientôt énorme. Dans ce cas, de même que chez l'homme qui présente une perte de substance crânienne et dont le cerveau a été entamé, « on voit celui-ci proéminer, se soulever, former comme un champignon fongueux, rouge d'abord puis grisâtre, gangréné » (1).

Il faut pratiquer la trépanation avec beaucoup de circonspection chez le chien, pour éviter cet accident, car, par suite de l'épaisseur très-inégale de l'os, celui-ci se trouve parfois complètement divisé par l'instrument d'un côté, alors qu'il est encore très-résistant sur d'autres points.

Pour éviter la lésion du sinus longitudinal supérieur, nous avons toujours appliqué nos couronnes de trépan, sur le chien, en dehors de la ligne médiane, sur l'un des pariétaux. Les moindres dimensions du crâne du lapin, ne nous ont pas permis d'en faire autant chez cet animal ; il en est ordinairement résulté une hémorrhagie qui, généralement s'est bientôt arrêtée. La section de l'os par le trépan a, de son côté souvent donné lieu à des pertes de sang assez sérieuses, particulièrement chez le chien.

Nos expériences ont été faites dans deux conditions

(1) S. Laugier, article Encéphale : *Plaies du cerveau*, Dict. de méd. et chir. pratiques.

différentes : tantôt la dure-mère était respectée, tantôt (et c'était le cas le plus fréquent) cette membrane avait été préalablement enlevée sur toute l'étendue de la trépanation.

Pour explorer les mouvements du cerveau, la dure-mère étant intacte, nous nous sommes servi soit du tube à niveau variable précédemment décrit, soit d'un tambour sur la membrane duquel était fixé un petit bouton de liége, appareil analogue à celui qui nous a servi pour étudier les mouvements des fontanelles chez les enfants nouveau-nés, la transmission s'opérant, comme de coutume, au moyen d'un tube de caoutchouc aboutissant à un tambour à levier enregistreur de Marey.

Quel que fût d'ailleurs le procédé d'exploration employé, le mode d'inscription nous a permis de recueillir simultanément les courbes respiratoire, cardiaque, carotidienne, et de déterminer, en superposant ces différents tracés, les rapports des expansions et resserrements de la masse encéphalique avec chacun d'eux.

Les animaux, chiens et lapins, qui ont servi à nos expériences, ont toujours été préalablement anesthésiés par le chloroforme, le plus souvent associé à la morphine, d'après la méthode si heureusement inaugurée par le professeur Cl. Bernard (1). Quelquefois encore, nous avons immobilisé les sujets en expérience avec le curare, en les soumettant à la respiration artificielle.

(1) Cl. Bernard, *Leçons sur les anesthésiques*, Paris, 1875, 8e et 9e leçons.

II. Résultats et interprétation des expériences.

Nous ne comptons pas énumérer successivement chacune de nos expériences et les raconter en détail. En suivant cette marche, nous nous exposerions à des redites incessantes, monotones et fatigantes pour le lecteur. Nous préférons donner les résultats généraux qui découlent de nos expériences prises en bloc, en appuyant nos considérations sur des tracés empruntés à plusieurs d'entre elles, tracés reproduisant dans tous leurs détails, les variations du niveau de la colonne liquide renfermée dans le tube fixé au crâne de l'animal. Ces oscillations du liquide traduisent à la fois les mouvements du cerveau et ceux du liquide cérébro-spinal : nous leur donnerons, pour plus de commodité, le nom d'*oscillations cérébrales*.

§ 1. — Etude des oscillations cérébrales d'origine cardiaque et respiratoire.

Nos recherches ont porté, comme nous avons déjà eu occasion de le dire, sur le lapin et le chien. Nous ne nous occuperons guère toutefois que des expériences faites sur ce dernier animal.

Ce n'est pas à dire que le lapin ne nous ait point donné de résultats ; mais, par suite même de sa taille, il ne nous a généralement fourni que des graphiques dont les éléments étaient trop peu développés pour pouvoir se prêter à l'analyse.

Des deux ordres d'oscillations observables dans le tube fixé au crâne, les oscillations d'origine respiratoire ont presque toujours été suffisamment marquées chez le la-

pin ; il n'en a pas été de même des oscillations qui correspondent à la pulsation cardiaque, qui, en général, ont été trop faibles pour s'inscrire d'une manière nette, d'autant plus qu'elles étaient masquées par les premières, dont l'excursion était bien plus prononcée.

La figure 10 montre un graphique fourni par le lapin, dans lequel on peut cependant assez facilement démêler les deux influences. A des lignes onduleuses plus grandes qui représentent les modifications vasculaires provoquées dans la cavité encéphalique par la respiration, se trouvent combinés de légers ressauts, dépendant de la systole cardiaque.



Fig. 10. — Tracé des oscillations cérébrales, après trépanation chez le lapin. Oscillations d'origine cardiaque mêlées à des oscillations d'origine respiratoire plus grandes.

Mais il faut avouer que ce tracé n'offre pas toute la netteté et la régularité nécessaires pour permettre de l'interpréter avec rigueur.

Nous aurons donc tout avantage à utiliser plutôt les tracés que nous avons obtenus sur le chien, tracés dont les détails ont presque toujours été bien mieux accusés : la figure 11 nous en montre un bon exemple.

Nous y voyons une ligne inférieure R, qui représente le tracé de la respiration, chaque acte respiratoire correspondant à une grande ondulation dont la partie descendante se rapporte à l'inspiration ; la partie ascendante, à l'expiration.

La ligne supérieure retrace les oscillations céré-

brales. Nous distinguons dans cette ligne trois grandes ondulations à peu près parallèles à celles de la ligne inférieure.



Fig. 11. — Tracés des oscillations cérébrales (ligne C) et de la respiration (ligne R,) recueillis simultanément chez le chien. — I. Inspiration; E. Expiration.

Elles correspondent à des changements de niveau du liquide en concordance avec les actes respiratoires. On pouvait voir en effet, pendant l'expérience, le niveau du liquide baisser en inspiration et s'élever en expiration. Dans le premier cas, la diminution de la tension de l'air contenu dans l'appareil explorateur faisait descendre la plume du tambour inscripteur; dans le second, le liquide occupant dans l'appareil une place plus grande, l'air qui s'y trouvait enfermé éprouvait une augmentation de pression qui se traduisait par l'ascension de la plume du tambour à levier. C'est ce que montrent à l'évidence les deux tracés de la figure précédente dont la seule inspection suffit pour démontrer le synchronisme de la descente du liquide avec l'inspiration, de son ascension avec l'expiration.

Ce n'est pas tout : ces grandes ondulations présentent elles-mêmes une série de franges, rappelant le tracé du pouls, tel que le donne le sphygmographe. Elle se rat-

tachent en effet, au même phénomène, chacune de ces petites saillies correspondant, au même titre qu'une pulsation radiale, à une systole du cœur. Ces oscillations d'origine cardiaque ont en général paru d'autant plus accusées que la respiration était plus calme et plus régulière. Aussi sont-elles parfaitement distinctes sur le tracé cérébral C de la figure 11, qui a été recueilli dans ces conditions.

Il n'en est plus de même quand la respiration s'accélère ou devient anxieuse, quand l'animal crie : presque toujours les oscillations déterminées par la respiration gagnent alors en étendue, au détriment des oscillations se rattachant à la systole du cœur, lesquelles sont en quelque sorte absorbées par les premières qui peuvent arriver à les masquer d'une manière presque absolue.

Tel fut le cas d'une expérience à laquelle se rapporte la figure suivante.



Fig. 12. — Tracé des oscillations cérébrales d'un chien dont la respiration est haletante.

L'animal qui a fourni ce tracé était un chien de petite taille, dont le cerveau se trouvait bien plus affaissé que chez les autres sujets de nos expériences, la surface de ses hémisphères cérébraux n'étant point accolée à la voûte crânienne comme dans presque tous les autres cas. Cette particularité permit une grand amplitude des oscillations. La respiration de l'animal étant

rapide et très-ample, les oscillations cérébrales qui en résultèrent ont donné un tracé qui peut aussi bien passer pour celui de la respiration elle-même.

Ces oscillations sont représentées par une série d'élévations, dont chacune comprend une expiration suivie d'une inspiration, la ligne d'expiration étant à la fois plus longue et plus oblique, la ligne d'inspiration plus courte et plus abrupte.

Sur quelques-unes des lignes d'expiration, on remarque de très-légères ondulations, faibles vestiges des oscillations d'origine cardiaque.

Quelquefois au contraire, quand les mouvements respiratoires sont lents et peu accentués, les ondulations respiratoires disparaissent presque complètement du tracé des oscillations cérébrales. Nous sommes porté à croire que dans les conditions normales, chez un animal intact, la respiration étant très-calme, les choses doivent habituellement se passer ainsi. C'est ce que nous avons du reste observé déjà, en explorant par les procédés graphiques, les mouvements du cerveau chez le nouveau-né et chez l'adulte. Nous avons même pu constater que dans ces deux cas, l'influence respiratoire peut faire absolument défaut.

Il nous faut interpréter actuellement le mécanisme des oscillations que nous avons signalées. Elles se rattachent à un phénomène qui n'est point spécial à l'encéphale et que l'on rencontre dans les divers organes de l'économie, nous voulons parler des changements de volume, amenés dans ces organes par les modifications de réplétion du contenu sanguin des vaisseaux

dont le calibre augmente ou diminue, avec l'augmentation ou la diminution de ce contenu.

La question du changement de volume des extrémités qui avait déjà donné lieu aux travaux de Piégu, de Chelius et de Buisson, est devenue dans ces derniers temps l'objet des recherches de Fick, de Mosso et de François Franck. Nous renvoyons le lecteur à l'important travail de ce dernier (1), pour nous borner au cas particulier de l'encéphale dont nous devons analyser les changements de volume se traduisant par les deux espèces d'oscillations que nous avons vu coïncider avec la systole du cœur et la respiration (2).

Les premières se rattachent essentiellement à l'augmentation du calibre des vaisseaux artériels de la cavité crânienne, de l'encéphale spécialement. Le sang étant propulsé dans le système artériel, à la suite de chaque systole cardiaque, l'apport artériel l'emporte pendant un instant sur l'écoulement veineux; puis, l'équilibre se rétablit, et ainsi de suite, à chaque pulsation.

Chaque pulsation artérielle correspond en effet, ainsi que l'a établi Poiseuille, à une dilatation de l'artère correspondante. L'ensemble des pulsations artérielles d'un organe se traduit par une turgescence de l'organe lui-même, laquelle se produit suivant un mode rhythmé, après chaque systole cardiaque, et donne un tracé identique à celui du pouls, ce qui n'a rien d'étonnant, puis-

(1) François-Franck, *Du volume des organes dans ses rapports avec la circulation du sang*, Mém. I, in Travaux du lab. de Marey, 1876.

(2) Nous n'avons point à nous occuper ici des changements de volume de plus longue durée dépendant de l'action des vaso-moteurs.

qu'il n'est que l'expression de la pulsation de toutes les artères de l'organe.

Il en est de même à l'encéphale, dont l'expansion qui résulte de l'*addition de toutes les dilatations vasculaires partielles* de cet organe, provoque les oscillations du liquide cérébro-spinal, ainsi que celles du liquide que contenait le tube de nos expériences (1).

Ces oscillations tiennent bien aux modifications de calibre des vaisseaux artériels, comme le prouvent les effets de l'oblitération des troncs conduisant le sang dans la boîte crânienne.

La figure 13 représente le tracé des oscillations cérébrales d'un chien dont les carotides ont été mises à nu (2). Les oscillations liées à l'action cardiaque sont



Fig. 13. — Oscillations cérébrales chez le chien. — C. Compression des deux carotides; D. Décompression des artères.

très-accusées, et rappellent le tracé sphygmographique du pouls. En C, les carotides sont comprimées entre les

(1) Ces oscillations, tout en se rattachant essentiellement à l'augmentation du calibre des artères encéphaliques, dépendent sans doute aussi, dans une faible mesure, de la dilatation des artères situées dans la boîte crânienne, en dehors de la substance nerveuse.

(2) Afin de faciliter le manuel opératoire des ligatures des vaisseaux du cou, sans interrompre l'inscription des oscillations cérébrales, l'animal était couché sur le côté. Le tube de verre fixé au crâne et renfermant le liquide oscillant était légèrement coudé, de manière à former un angle ouvert supérieurement, afin d'éviter l'écoulement du liquide dans le tube de transmission.

mors de deux pinces. Aussitôt le niveau des oscillations baisse notablement, en même temps que celles-ci deviennent faibles, au point d'être à peine visibles. A ce moment, l'encéphale privé de ses voies d'afflux les plus importantes, ne reçoit plus de sang que par l'intermédiaire des vertébrales. En D, on cesse la compression en enlevant les pinces ; immédiatement les oscillations regagnent et dépassent même leur niveau primitif (1), en même temps qu'elles reprennent leur netteté et leur amplitude premières.

Citons encore une expérience dans laquelle nous avons lié successivement et une à une les artères carotides et vertébrales d'un chien.

Nous avions commencé par lier une des carotides. Le tracé des oscillations synchrones à la systole du cœur en fut à peine modifié, au moment de la ligature ; au bout de quelques instants, le tracé reprit son niveau primitif.

La ligature de la carotide du côté opposé détermina un diminution plus notable du niveau des oscillations et de leur amplitude ; cependant, grâce au cercle de Willis, quelques minutes plus tard, les oscillations qui étaient devenues d'abord un peu plus fréquentes, à la suite d'une modification du rhythme cardiaque, qui a déjà été signalée par plusieurs auteurs, avaient repris, à peu de chose près, leur hauteur primitive.

(1) Ce phénomène qui persiste pendant quelques instants, a été observé, à la suite de la décompression des artères des membres plongés dans un liquide ; on le constate également au moyen du sphygmographe appliqué à la radiale, à la suite de la décompression de l'humérale (Vid. F.-Franck, Travaux du lab. de Marey, 1876, p. 26).

La ligature d'une des vértébrales amena ensuite une diminution considérable des oscillations cérébrales, le cerveau ne recevant plus de sang, à ce moment, que par la dernière artère vertébrale. Celle-ci à son tour fut liée. Les oscillations furent aussitôt absolument supprimées. Le cerveau était, dès lors, privé de toutes les voies normales qui lui amènent le sang.

A partir de la ligature de la quatrième artère, le tracé cérébral n'offrit plus qu'une ligne horizontale, la respiration étant devenue trop faible elle-même pour traduire son influence. Quelques vagues et faibles ondulations apparaissaient bien encore de loin en loin; leur production dépendait sans doute de modifications de la pression veineuse.

A la suite de cette opération, un lapin eût fatalement succombé. Le chien sur lequel nous opérions, continua à vivre pendant plusieurs heures. Ce fait étrange de prime abord, avait déjà été observé par A. Cooper (1), à la suite des ligatures pratiquées sur les carotides et les vertébrales du chien. Des résultats identiques furent obtenus par J. Ehrmann (2). La persistance de la vie, dans ces circonstances, ne peut s'expliquer que grâce à des anastomoses existant entre la partie supérieure des troncs liés et les artères voisines (3).

(1) *Gazette médicale*, 1838, p. 100. Le chien dont A. Cooper avait lié les quatre artères continua à vivre pendant neuf mois, au bout desquels il le sacrifia pour injecter ses artères.

(2) J. Ehrmann, *Recherches sur l'anémie cérébrale*, Th. Strasbourg, 1858, p. 36, et *Des effets produits sur l'encéphale par l'oblitération des vaisseaux artériels*. Paris, 1860.

(3) Ces anastomoses existeraient entre des rameaux des artères thy-

La provenance artérielle des oscillations liées à l'action du cœur, ne saurait faire de doute. Il est plus difficile de déterminer quelle est la part qui revient au système artériel dans la production des oscillations de deuxième ordre, c'est-à-dire de celles qui se rattachent à la respiration. Ce qui nous paraît certain, c'est que ces oscillations sont d'origine mixte, le système artériel et le système veineux intra-crâniens prenant tous deux part à la production du phénomène.

Dans la dernière expérience que nous avons rapportée, nous avons déjà vu disparaître à la suite de la ligature des carotides et des vertébrales, les oscillations liées à la respiration en même temps que les oscillations commandées par l'action du cœur, quelques traces de changements de la pression veineuse se marquant encore obscurément.

Le rôle important et même prépondérant de la circulation artérielle sur la production des oscillations synchrones aux mouvements repiratoires était bien net dans ce cas, l'interruption du cours du sang artériel dans l'encéphale, faisant presque complètement disparaître ces oscillations.

L'exemple suivant fait encore saisir d'une manière qui nous semble plus frappante, le lien étroit qui rattache les oscillations correspondant aux actes respiratoires, à l'influence artérielle, dans les conditions de respira-

roïdiennes supérieure et inférieure d'une part, entre la cervicale ascendante et des rameaux se rattachant à la carotide externe d'autre part, d'après les résultats d'une injection pratiquée par A. Cooper. Panum cite, de son côté, des anastomoses existant entre des rameaux des vertébrales et des branches spinales.

tion ordinaire. La figure 14 représente, outre les tracés des oscillations cérébrales et de la respiration, celui de la pression carotidienne, prise à la partie supérieure du cou d'un chien, au moyen d'un manomètre métallique inscripteur (1); chaque abaissement des courbes de la



Fig. 14. — Tracés de la respiration thoracique (ligne R), des oscillations cérébrales (ligne TC), et de la pression carotidienne (ligne PC), recueillis simultanément.

ligne R (Respiration) correspond à l'inspiration. On voit en même temps s'abaisser la pression carotidienne (PC) qui présente en outre une série de dentelures correspondant chacune à la diastole artérielle, à la suite de l'arrivée de l'ondée sanguine lancée par le cœur. A l'inspiration et la diminution de pression carotidienne correspond aussi une descente notable de la courbe des mouvements du cerveau qui ne reçoit son sang que par l'intermédiaire des deux vertébrales et d'une carotide, ce qui n'empêche pas les oscillations d'origine cardiaque d'être encore assez prononcées.

(1) Voir, pour la description de l'instrument : Marey, in Travaux du laboratoire, 1876, p. 200.

L'accord des grandes ondulations du tracé cérébral avec celles du tracé carotidien, nous met en droit de conclure que les artères de l'encéphale, tout au moins leurs divisions principales, on dû concourir à la production des oscillations respiratoires du liquide.

Mais les variations de la tension artérielle ne sont pas seules en cause dans les changements de volume du cerveau rhythmés avec la respiration, et il faut aussi faire une part aux degrés variables de réplétion veineuse. L'expérience suivante nous permet en effet de considérer comme évidente l'intervention veineuse.

Nous avons supprimé l'afflux du sang artériel dans le cerveau, du moins pendant quelques instants, en comprimant le tronc brachio-céphalique d'un chien dont l'artère vertébrale gauche avait été liée au préalable. Cette manœuvre a provoqué, soit par la compression d'un tronc nerveux voisin, soit par toute autre cause, une sorte de spasme, la respiration devenant haletante et précipitée, et acquérant un degré de violence extraordinaire que dénotait le tracé pneumographique. De fortes oscillations du liquide contenu dans le tube crânien en furent la conséquence.

On pourrait nous objecter, il est vrai, une compression insuffisante, ayant permis à une certaine quantité de sang artériel d'arriver encore à l'encéphale. Nous nous sommes mis à l'abri de cette critique, en liant successivement les deux carotides et les deux artères vertébrales ; recourant ensuite à la même manœuvre que précédemment pour déterminer l'exagération de la res-

piration, nous avons vu les mouvements du cerveau (1) et les oscillations qui les traduisent se produire avec la même intensité que dans la première expérience. La figure 15 en donne le tracé, lequel est représenté par une ligne presque horizontale qui commence à offrir une suite d'ondulations très-accusées dès le moment où l'on provoque la respiration convulsive. Ces ondulations vont en s'éteignant, dès le moment où l'on fait cesser l'irritation nerveuse, en abandonnant la compression.



Fig. 15. — Tracé des oscillations cérébrales déterminées par une respiration convulsive, le cours du sang dans les voies artérielles étant supprimé.

Liant ensuite les deux jugulaires, nous pûmes constater la répétition des mêmes phénomènes notablement atténués, le reflux du sang ne pouvant plus se produire alors que par les veines vertébrales, ainsi que par l'intermédiaire des sinus rachidiens, en communication avec le système des veines intra-crâniennes (2).

(1) Ce sont ces mouvements que Schlichting et plus tard Dorigny prirent pour des mouvements propres du cerveau, mouvements qu'ils déterminaient en provoquant des convulsions par la piqûre de la moelle ou simplement en provoquant la douleur de l'animal. Le synchronisme de ces mouvements avec la respiration, que l'inscription graphique met hors de doute, leur avait échappé.

(2) Parlant des oscillations d'origine artérielle qu'on observe dans le liquide du tube fixé au crâne d'un animal, nous avons reconnu qu'elles peuvent dépendre, dans une faible mesure, des variations de calibre des artères placées dans le crâne en dehors de la masse nerveuse. Nous n'avons à fairepas les mêmes réserves en ce qui concerne les oscilla-

Il résulte de ces expériences que les oscillations veineuses subordonnées aux changements de la pression intra-thoracique, doivent entrer en ligne de compte dans les variations de pression intra-crânienne.

Nous avons vu, dans notre partie historique, que le reflux du sang dans les jugulaires, à la suite de l'expiration, avait presque en même temps attiré l'attention de Haller et de Lamure.

Au commencement de ce siècle, les recherches de Barry (1) ont montré que l'afflux du sang veineux dans le thorax et la diminution de la pression carotidienne pendant l'inspiration se rattachent tous deux au même phénomène : nous voulons parler de l'aspiration thoracique amenée par la dilatation du médiastin, laquelle dépend de l'abaissement du diaphragme et surtout de l'élasticité du poumon, qui tend toujours à revenir sur lui-même. Les effets de l'aspiration veineuse sont facilités encore, comme on le sait, par la présence des gaînes fibreuses qui maintiennent béantes la plupart des veines, à leur entrée dans le thorax.

La courbe manométrique de la pression carotidienne de la figure 14, montre bien également l'abaissement de la pression arterielle déterminé par l'aspiration thoracique. Dans le cas d'inspiration très-profonde, la

tions amenées par les variations du calibre veineux, l'influence exercée à cet égard par les sinus crâniens, formés par des dédoublements de la dure-mère, et dont les parois sont regardées comme à peu près incompressibles, ne pouvant être que fort minime.

(1) Barry, *Recherches sur les causes du mouvement du sang dans les veines*, Paris, 1825 ; et *Dissertation sur le passage du sang à travers le cœur* ; Thèse, Paris, 1827.

pression peut encore baisser d'une façon bien plus marquée.

En expiration, sous l'influence de la diminution de l'aspiration thoracique (1), la pression augmente dans les artères, et le cours du sang veineux se trouve ralenti.

Ainsi s'expliquent les oscillations cérébrales d'origine respiratoire, dont la montée coïncide avec l'expiration et la dilatation encéphalique, la descente avec l'inspiration et le retrait de l'encéphale ; ces oscillations peuvent d'ailleurs, comme nous l'avons dit, absolument disparaître, quand la respiration est parfaitement calme.

Il nous reste à signaler une modification que nous avons observée assez fréquemment, dans les oscillations cérébrales commandées par la respiration, quand celle-ci est à la fois ample et prolongée.

Tandis que dans la respiration ordinaire, et surtout dans la respiration rapide, la descente de l'ondulation cérébrale correspond exactement à l'inspiration, sa montée se rattachant à l'expiration, il n'en est plus de même, quand les mouvements respiratoires sont prolongés. Les oscillations cérébrales présentent alors un type mixte, le niveau du liquide dans le tube explorateur, montant au début de l'expiration, dans la période d'expiration active, pour baisser lorsqu'elle s'a-

(1) D'après Donders, la pression dans le médiastin est négative, non-seulement en inspiration, mais encore, quoique dans une plus faible mesure, en expiration. Cette aspiration, due à l'élasticité pulmonaire, peut disparaître, sous l'influence de grands efforts d'expiration.

chève (1), dans la phase correspondant à la pause qu'on admettait autrefois. C'est ce qu'on peut voir dans le tracé cérébral de la figure 16. Parfois aussi le liquide s'abaisse au commencement de l'inspiration pour s'élever à la fin de cet acte (2). Un type mixte, formé par la réunion des deux modes précédents, se rencontre également (3).

§ 2. — Modifications des oscillations cérébrales sous l'influence des anesthésiques.

En faisant respirer aux sujets de nos expériences les vapeurs du chloroforme, nous avons provoqué deux ordres de modifications des oscillations cérébrales.

(1) Dans ce cas, les modifications de la pression, sous l'influence de l'expiration prolongée, sont comparables à celles qu'entraîne l'effort, modifications dont le professeur Marey a donné l'interprétation : Sous l'influence de la compression subie par l'aorte, le sang est chassé vers les artères périphériques dont la tension s'élève et dont le débit devient par suite plus rapide. Il en résulte une diminution de volume de l'aorte qui, en se vidant, « perd de sa tension élastique, de telle sorte que l'influence qui pousse le sang vers la périphérie faiblit graduellement. Le maximum de tension ne se maintient donc pas dans les artères émanées de l'aorte, mais il décroît peu à peu, à mesure que décroît la tension des parois de l'aorte ». (Marey, *Physiologie*, *circul. sang.*, p. 295.)

(2) On pourrait encore s'expliquer ces variations de pression dans l'inspiration prolongée. La diminution de l'écoulement artériel, pendant cet acte, entraînerait la réplétion de l'aorte, qui ne peut dépasser une certaine limite, au delà de laquelle l'élasticité des parois aortiques entre en jeu, pour favoriser l'écoulement artériel. A partir de ce moment, la pression des artères périphériques cesse de baisser

(3) Il correspond aux variations mixtes de la pression artérielle déterminées par les mouvements respiratoires, signalées par Einbrodt, la pression du sang montant au commencement de l'expiration pour s'abaisser à la fin de cet acte, et diminuant au début de l'inspiration pour s'élever à la fin. (*Canstatt's Jahresbericht*, 1860, p. 125.)

Quand l'anesthésique est administré avec modération et pendant un certain temps, on voit la respiration se calmer sous son influence, et les oscillations cérébrales se rattachant à cette fonction, diminuer ou disparaître complètement. A mesure que les oscillations provoquées par la respiration s'éteignent, celles qui dépendent de la systole du cœur se prononcent davantage et deviennent moins nombreuses, ce qui dépend de la diminution de la fréquence cardiaque.

Les deux figures suivantes rendent bien compte de ces modifications. Elles correspondent aux tracés de la respiration et des mouvements cérébraux d'un fort chien, qui était placé en situation oblique, de manière à avoir la tête élevée.



Fig. 16. — Graphique des oscillations cérébrales (ligne C) et de la respiration (ligne R) d'un chien non anesthésié.

Dans la période correspondant à la figure 16, l'animal pousse bruyamment et brusquement chaque expiration qui se prolonge encore pendant quelques instants. Les courbes respiratoires se retrouvent sur le tracé cérébral. Il faut toutefois noter que la montée du liquide ne se prolonge pas pendant toute la durée de

l'expiration, laquelle est suivie d'une inspiration de courte durée. Quant aux oscillations amenées par l'influence cardiaque, elles sont très-nombreuses, et correspondent à plus de 200 pulsations par minute.

Un peu plus tard, sous l'influence du chloroforme, la scène a changé totalement d'aspect, ainsi que le montre la figure 17. La respiration est encore lente ; mais, au lieu d'être saccadée, elle est absolument calme et se fait sans effort. L'inspiration et l'expiration sont d'égale durée. Il y a plus : les actes respiratoires sont séparés par une pause d'assez longue durée, faisant suite à l'expiration, pause que nous avons presque toujours retrouvée chez le chien, dans la période d'insensibilité prononcée (1).



Fig. 17. — Graphique des oscillations cérébrales (ligne C) et de la respiration (ligne R) d'un chien anesthésié par le chloroforme.

Le tracé des oscillations cérébrales ne traduit plus l'influence respiratoire : en examinant très-attentivement les oscillations d'origine cardiaque correspondant à l'inspiration, on remarque cependant qu'elles offrent

(1) On sait que les pauses respiratoires autrefois admises, n'existent pas dans la respiration normale, et ne se rencontrent que dans quelques actes spéciaux, tels que le rire. (V. Beaunis, *Physiol. humaine* Paris, 1876, p. 575).

un plateau un peu moins élevé que les autres. Ces oscillations, amenées par la systole du cœur, sont bien plus accentuées que dans la figure précédente; elles sont aussi bien moins nombreuses et ne correspondent plus qu'à cent pulsations par minute. La fréquence cardiaque a donc diminué de moitié sous l'influence du chloroforme.

Il faut soigneusement distinguer de ces effets produits par l'action anesthésique du chloroforme, ceux qu'on observe au début de l'administration de cet agent, quand il n'exerce qu'une action irritante sur les premières voies.

On sait que lorsqu'on fait respirer brusquement les vapeurs du chloroforme à un lapin, on voit généralement se produire un arrêt instantané de la respiration, en même temps qu'un ralentissement et parfois un arrêt des battements du cœur (1). Ces phénomènes durent en moyenne de quelques secondes à une demi-minute, après quoi la respiration reprend et les battements du cœur s'accélèrent très-légèrement.

Nous avons observé sur un chien une susceptibilité analogue. La figure suivante rend compte de l'expérience. Dans la première partie du tracé, la respiration est large, et sa courbe se traduit en ondulations prolongées sur le tracé des oscillations du liquide intra-crânien. En Ch, une éponge imbibée de chloroforme

(1) Pour l'historique et la critique expérimentale de ces effets initiaux du chloroforme, voir : Travaux du laboratoire du professeur Marey, mémoire VI, par Fr. Franck.

est brusquement placée devant les narines de l'animal,

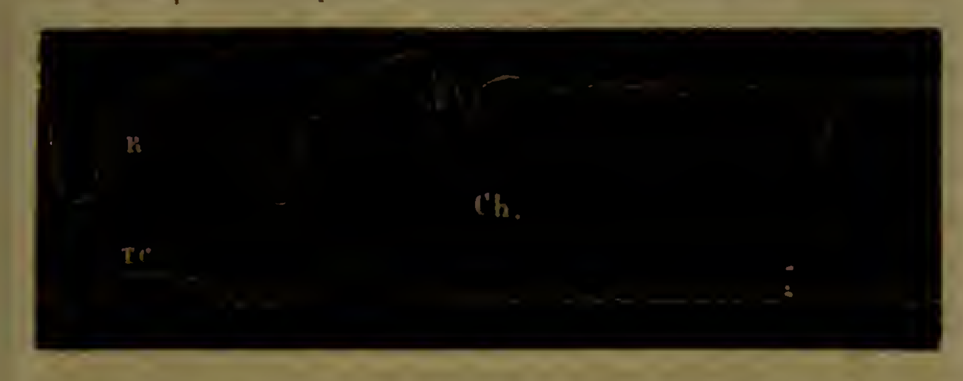


Fig. 18. — Graphique de la respiration (ligne P) et des oscillations cérébrales (ligne TC) modifiées en Ch, par l'administration brusque de chloroforme.

qui aussitôt suspend sa respiration, arrêtant même une inspiration qu'il avait commencée.

A partir de ce moment, la ligne inférieure ne montre plus que de faibles ondulations, se rattachant aux pulsations des artères intra-crâniennes. Quelques instants plus tard apparaît une faible respiration. La suite du tracé nous a montré que la respiration ne s'est régulièrement rétablie qu'après environ une demi-minute.

Nous avons également étudié ce que deviennent les oscillations cérébrales sous l'influence du chloral : ce n'est plus, il est vrai, à un anesthésique véritable que nous avons affaire ici (1). L'animal est endormi ; mais il est sensible, quand la chloralisation n'est pas poussée trop loin, aux excitations intenses et se réveille quand on les provoque.

Injectant, à diverses reprises, 50 centigrammes d'hydrate de chloral, en solution assez étendue, dans la

(2) Voir Cl. Bernard, *Leçons sur les anesthésiques*. Paris 1875 10e Leçon.

veine fémorale d'un chien (1), nous voyons quelques instants après la respiration s'arrêter, les contractions cardiaques diminuer d'intensité et de fréquence, et les courbes de la pression artérielle fournies par un manomètre enregistreur, en communication avec la carotide, présenter tout d'abord un abaissement considérable, avec ralentissement très-notable des battements du cœur, puis indiquer plus tard, quand l'action du chloral est établie, une pression artérielle faible, phénomène dû, ainsi que l'a montré le professeur Cl. Bernard, à la dilatation vasculaire périphérique.

Sous l'influence de l'injection veineuse brusque du chloral, nous voyons disparaître du tracé de la figure 19 les ondulations cardiaques et respiratoires, ce qui tient à l'arrêt du cœur et de la respiration. C'est à cet arrêt que nous serions tenté de rapporter l'élévation du tracé cérébral au-dessus du niveau précédent.



Fig. 19. — Oscillations cérébrales d'un chien. Leur disparition momentanée sous l'influence du chloral.

Les pulsations cardiaques reparurent les premières.

(1) Ainsi que le dit le professeur Cl. Bernard : « Si la dose est un peu forte et si l'injection est faite rapidement, on tue subitement l'animal ; la mort se produit par arrêt du cœur, comme si ce muscle était directement atteint par l'arrivée du chloral, au contact de la face interne de ses cavités ». Cet éminent physiologiste attire aussi l'attention sur ce fait que l'injection présente d'autant plus de danger qu'elle est faite plus près du cœur. Elle comporte bien plus de ménagements chez le chien que chez l'homme, bien plus encore sur des animaux tels que le

On voit encore sur le tracé le retour de l'une d'elles. Elles reprennent peu à peu, bien qu'assez lentement, leur fréquence première.

§ 3. — Influence exercée par la respiration artificielle sur les oscillations cérébrales.

Il faut, avant tout, s'entendre sur le terme de respiration artificielle, celle-ci pouvant s'effectuer suivant deux modes :

1° Suivant le mode normal, c'est-à-dire par aspiration pleurale (1) ;

2° Par insufflation trachéale (2).

C'est ce dernier mode qui est généralement adopté dans les laboratoires. C'est celui dont nous comptons nous occuper ici.

Dans la respiration pratiquée de la sorte, l'air est fortement propulsé dans la trachée et les bronches, au moment de l'inspiration, de façon qu'il arrive dans le poumon sous pression positive au lieu d'y être appelé par l'aspiration thoracique.

La quantité de sang contenu à ce moment dans les vaisseaux pulmonaires, est moins considérable, le sang

lapin et le cochon d'Inde. Chez le chien même, une dose égale injectée par la veine crurale ou par la jugulaire produira des accidents plus graves dans le dernier cas.

(1) C'est à ce mode que l'on a d'ordinaire recours pour ranimer les asphyxiés ou les noyés, soit en comprimant et abandonnant successivement à elle-même la cage thoracique, soit en élevant et abaissant d'une manière rhythmée les bras du sujet, ce qui produit un résultat analogue. Le spirophore proposé par le Dr Woillez rentre aussi dans ces conditions.

(2) Ce mode est pratiqué non-seulement sur les animaux, mais encore sur les nouveau-nés n'ayant point encore respiré.

étant pour ainsi dire exprimé en dehors de l'organe, ce qui, dans les conditions de respiration par le mécanisme normal, se produit en expiration : les conditions sont donc ici renversées.

C'est ce qu'avait déjà constaté le Dr Gréhant (1); c'est ce que vérifièrent aussi MM. Quincke et Pfeiffer (2), ainsi que le professeur Héger (3), de Bruxelles.

Dans l'inspiration amenée par l'insufflation trachéale, le poumon est en quelque sorte comprimé de dedans en dehors, entre l'air insufflé dans les bronches et les parois thoraciques. En expiration, il reprend son volume primitif.

Il en résulte, qu'à la suite de la diminution de la pression intra-thoracique, l'aspiration exercée sur les vaisseaux qui se rendent au médiastin est plus considérable pendant l'expiration que pendant l'inspiration. C'est ce qu'a vérifié aussi le Dr Rosapelly (4) sur le chien, chez lequel il a constaté la diminution de la pression carotidienne et de la tension veineuse pendant l'expiration, sous l'influence de la respiration artificielle. Le Dr Gautier (5) est venu récemment appeler encore l'attention sur cette inversion des rapports de la respiration et de la pression artérielle.

(1) Gréhant. *Comptes-rendus de la Société de biologie*, 1870.

(2) *Archives de Reichert et de du Bois-Reymond*, 1871.

(3) P. Héger. *Expériences sur la circulation artificielle dans les organes isolés*. Thèse d'agrég., Bruxelles, 1873.

(4) Rosapelly. *Recherches sur la circulation du foie*. Thèse. Paris, 1876.

(5) Gautier. *Influences mécaniques de la respiration sur la circulation artérielle*. Thèse. Paris. 1876.

En résumé, la respiration artificielle intervertit les conditions de reflux du sang dans les vaisseaux périphériques. C'est ce qui explique le *renversement des oscillations cérébrales* sous son influence. Nous avons fréquemment observé cette inversion, qui n'avait point encore été signalée, et dont la figure suivante offre un bon exemple.

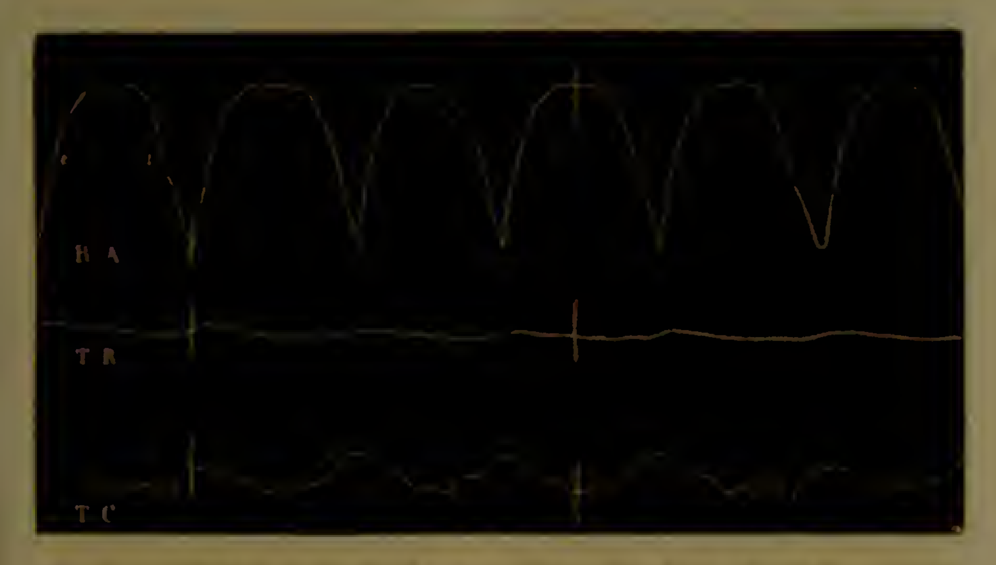


Fig. 20. — Tracé de la courbe respiratoire déterminée par la respiration artificielle (ligne R.A.), recueilli en même temps que le tracé des oscillations du liquide rachidien (ligne T. R.) et que celui des oscillations du liquide crânien (ligne T. C.) ; sur un chien curarisé

Nous ne considérerons, pour l'instant, dans cette figure, que la ligne supérieure et la ligne inférieure, dont la première correspond à la respiration artificielle (inspiration, ligne descendante ; expiration, ligne ascendante). La ligne inférieure est celle des oscillations cérébrales.

Laissant de côté les petites ondulations liées aux pulsations artérielles, bornons-nous à examiner les

lignes onduleuses plus marquées qui correspondent à la respiration et qui nous intéressent seules, pour le moment. Nous voyons qu'avec l'expiration coïncide la descente du liquide contenu dans le tube fixé aux parois crâniennes, l'ascension de ce même liquide s'opérant pendant l'inspiration. C'est exactement le contraire de ce que nous avions observé dans la respiration naturelle.

§ 4. — Modifications des oscillations cérébrales et de la pression intra-crânienne, à la suite des changements d'attitude.

Si, après avoir trépané le crâne d'un animal, on modifie son attitude en l'amenant en situation verticale, on observe, indépendamment des symptômes qui se produisent à la longue et dont nous ne nous occuperons pas ici, des phénomènes tout-à-fait opposés, suivant la position de la tête de l'animal.

Quand elle est abaissée, on voit la dure-mère devenir rouge et proéminer à travers l'orifice crânien. Cette membrane étant incisée et le cerveau mis à nu, l'effet paraît encore bien plus prononcé. La surface cérébrale turgescente fait saillie, en manière de hernie, à travers le trou de la trépanation.

Dans la position inverse, la tête étant en haut, on voit au contraire la dure-mère s'excaver et pâlir ; de même, on peut observer, quand cette membrane est enlevée, la pâleur de la surface cérébrale, plus ou moins affaissée. Il nous a semblé intéressant d'enregistrer les mouvements du liquide contenu dans le tube vissé à la boîte crânienne, dans ces deux cas opposés, auxquels

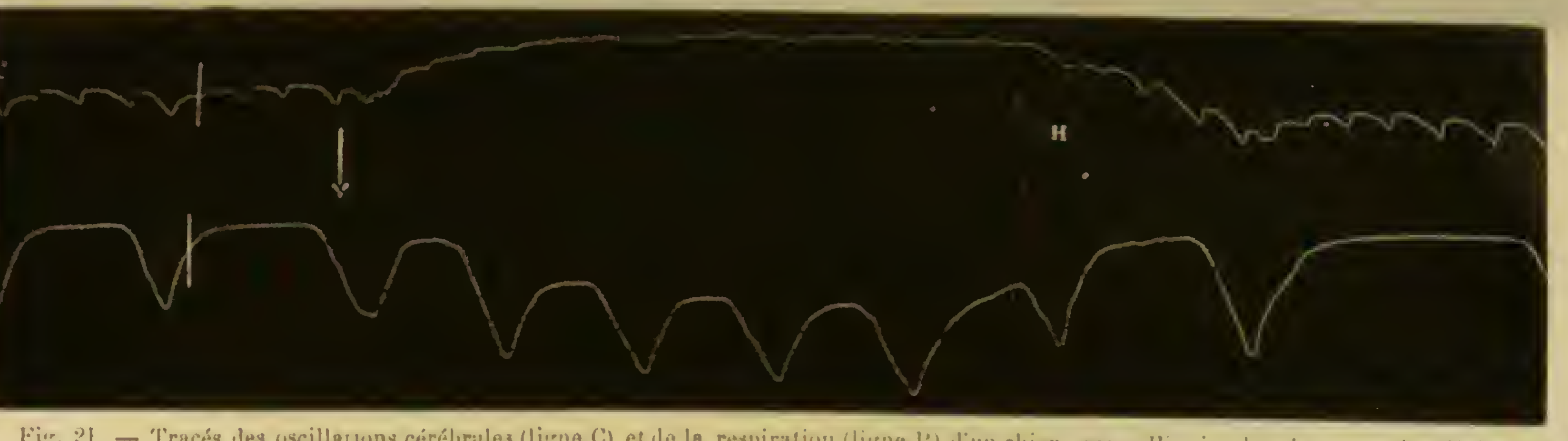


Fig. 21. — Tracés des oscillations cérébrales (ligne C) et de la respiration (ligne R) d'un chien, recueillis simultanément. — La flèche indique le passage de la position horizontale à la position verticale, la tête étant en bas; la lettre H correspond au retour à l'horizontale.



Fig. 22. — Tracés des oscillations cérébrales (ligne C) et de la respiration (ligne R) d'un chien, recueillis simultanément. — La flèche indique le passage de la position horizontale du début à la position verticale, la tête élevée; la lettre H indique le retour à l'horizontale.

se rapportent les figures 21 et 22. Les expériences qu'elles retracent ont été faites sur un chien de forte taille, dont la dure-mère avait été enlevée au niveau de la trépanation. L'animal, plongé dans un profond sommeil anesthésique, était en quelque sorte passif.

Au commencement des tracés de la figure 21, l'animal est en position horizontale; la respiration retentit faiblement sur le tracé cérébral dont les oscillations artérielles sont bien marquées. A partir du moment indiqué par une flèche, on élève l'arrière-train de l'animal. Le liquide monte aussitôt dans le tube; il en résulte une ascension du tracé cérébral qui présente alors un plateau avec de très-légères inflexions d'origine cardiaque. C'est qu'à la suite du changement d'attitude de l'animal, le cerveau est venu faire hernie au niveau de l'ouverture qu'il bouche à la manière d'un obturateur, le liquide cérébro-spinal devant, pendant ce temps, refluer dans le rachis. Dès qu'on replace l'animal dans la situation du début, les oscillations cardïaques et respiratoires reparaissent.

Signalons encore le rhythme respiratoire pendant la durée de cette expérience. Lente au début, la respiratoire devient fréquente quand on a élevé le train postérieur de l'animal; elle devient ensuite très-lente, quand on revient à la position horizontale.

De même que tout à l'heure, le chien est horizontalement placé au début de l'expérience dont les diverses phases sont reproduites par la figure 22. Les deux sortes d'oscillations cérébrales sont très-nettement marquées à ce moment.

On place l'animal en attitude verticale à partir du point qu'indique une flèche. Aussitôt le liquide baisse notablement dans le tube crânien : une descente considérable du tracé cérébral en est la conséquence. Le liquide remonte et le tracé s'élève dès qu'on rend à l'animal sa situation première.

Pendant tout ce temps, les oscillations provoquées par les influences cardiaque et respiratoire n'ont cessé de se manifester, la respiration étant devenue deux fois plus lente, quand la tête de l'animal était élevée.

Avant de quitter ce sujet, nous croyons devoir faire remarquer que les modifications des oscillations cérébrales, à la suite des changements d'attitude, rappellent absolument celles que nous avons déjà constatées en explorant la fontanelle du nouveau-né.

B. *Trépanations rachidiennes.*

Pour nous rendre un compte exact du mécanisme des mouvements du liquide céphalo-rachidien, nous avons pratiqué, à diverses reprises, indépendamment des trépanations crâniennes, des trépanations sur le canal rachidien, tantôt au niveau de la région lombaire, tantôt à celui de la région cervicale (1). Dans le dernier cas, nous opérions sur l'axis.

(1) La trépanation d'une vertèbre est toujours une opération assez délicate, qui provoque souvent une hémorrhagie considérable. Après la section des parties molles, on enlève l'apophyse épineuse de la vertèbre choisie, au moyen de sécateurs ou de daviers appropriés. On procède ensuite à la trépanation de l'os. On peut encore respecter l'apophyse épineuse et trépaner l'une des lames vertébrales, pratique bien plus

Les développements dans lesquels nous sommes entré au sujet des expériences dans lesquelles le cerveau avait été mis à nu, nous permettront d'être très-bref dans la description des phénomènes constatés dans le cas où une couronne de trépan avait été appliquée sur l'une des vertèbres.

De même qu'au crâne, nous adaptions à l'orifice rachidien un tube de verre approprié et nous y versions du liquide, lequel offrait une série d'oscillations absolument comparables à celles que nous avons étudiées jusqu'ici. Ces oscillations, ordinairement moins prononcées qu'au crâne, étaient encore de deux ordres se rattachant les unes à la respiration, les autres aux systoles cardiaques.

Les oscillations commandées par la respiration peuvent s'expliquer en partie par les modifications de calibre des plexus intra-rachidiens, qui se gonflent en expiration, pour diminuer de volume en inspiration.

Quant aux oscillations rhythmées avec le cœur, on pourrait les attribuer à des modifications de volume de la moelle, dépendant de l'augmentation de calibre de ses vaisseaux artériels, si l'on ne se rappelait que ces vaisseaux sont de très-faible importance. La pie-mère offre, du reste, autour de la moelle, une structure

commode au niveau de l'axis. Nous avons appliqué des couronnes de trépan de 6 à 7 millimètres et plus tard de 1 centimètre de diamètre. Après avoir sectionné la dure-mère, on enlève le plus possible de cette membrane, et l'on adapte à l'orifice de trépanation un tube de même diamètre fixé au moyen d'une garniture métallique munie d'un pas de vis. Les procédés d'inscription ont été les mêmes que pour les oscillations cérébrales.

fibreuse très-serrée, toute différente de celle qu'elle affecte à l'encéphale; cette structure s'oppose encore à des mouvements marqués de dilatation. Aussi les auteurs s'accordent-ils généralement à nier aujourd'hui les *mouvements d'expansion* de la moelle, qui ont été jadis soutenus, et qu'on confondait avec ceux du liquide sous-arachnoïdien.

Nous ne prétendons pas, toutefois. qu'une turgescence très-faible, et qui échappe à la vue, ne puisse avoir lieu dans la moelle, aussi bien que dans tous les autres organes non rigides de l'économie; mais elle doit être si restreinte, que nous ne pouvons la considérer, pas plus que l'augmentation de calibre des autres branches artérielles très-peu développées que renferme le canal rachidien, comme la cause principale des oscillations en question.

La production de ces deux sortes d'oscillations nous paraît surtout liée aux *variations du volume de l'encéphale*, l'excès du sang qui pénètre en expiration et à la suite de la contraction du cœur dans la boîte crânienne amenant le départ d'une quantité correspondante de liquide céphalo-rachidien, qui reflue dans la cavité du rachis, pour rentrer dans le crâne quand les vaisseaux intracrâniens reviennent sur eux-mêmes.

Nous essaierons de justifier cette opinion, dans la deuxième partie de ce travail.

Bornons-nous actuellement à dire que les oscillations du liquide cérébro-spinal ont présenté au rachis les mêmes caractères qu'au crâne, le liquide s'élevant en expiration, s'abaissant en inspiration, ce rapport

étant interverti par la respiration artificielle. En un mot, tout ce que nous avons dit au sujet de nos premières expériences peut aussi s'appliquer à celles-ci.

Nous donnons à l'appui quelques-uns des tracés que nous avons recueillis dans ces conditions.

La ligne inférieure de la figure 23 reproduit le tracé des oscillations du liquide renfermé dans le tube fixé au rachis. Les modifications du niveau du liquide dépendant de la respiration sont représentées par des ondulations étendues dont la montée correspond à l'expiration, la descente à l'inspiration, ainsi qu'on peut le constater, en se reportant au tracé de la respiration situé au-dessus du précédent.



Fig. 23. — Tracé des oscillations du liquide céphalo-rachidien au niveau de la région lombaire (ligne L), recueilli en même temps que celui de la respiration (ligne R).

Indépendamment des ondulations respiratoires, on observe de petites ondulations qui y sont surajoutées et qui coïncident avec les pulsations artérielles.

Les deux sortes d'oscillations sont peu accusées dans ce tracé ; mais il ne faut pas perdre de vue que nous avons créé en quelque sorte un trou de conjugaison artificiel, et que, autant qu'il est permis d'en juger, les autres trous de conjugaison doivent continuer à remplir en partie leur office, une certaine quantité de graisse fluide

s'échappant facilement à travers ces orifices. à chaque augmentation de la pression intra rachidienne. Ainsi s'explique, croyons-nous, l'amplitude relativement peu considérable des oscillations que nous venons d'analyser.

L'expérience précédente portait sur une trépanation opérée sur l'une des vertèbres lombaires. Les tracés de la figure 24 ont été recueillis sur un animal dont l'axis avait été trépané. Les oscillations furent plus prononcées, dans ces circonstances.

La courbe respiratoire dont le tracé a été obtenu, à l'aide du pneumographe appliqué sur les parois abdominales, présente ceci de particulier, que non-seulement la respiration, mais encore les battements du cœur s'y trouvent indiqués.

L'inspiration ne détermine, dans le tracé cérébral, qu'un abaissement insignifiant ; l'expiration qui la suit provoque une ascension plus notable.

La figure 25 nous montre encore le lien étroit qui rattache les oscillations du liquide sous-arachnoïdien aux modifications respiratoires.

Le tracé supérieur, celui de la respiration offre un rhythme tout spécial, chaque expiration présentant une série de ressauts dont l'amplitude va en diminuant, ce qui tient à ce que la phase expiratoire est entrecoupée par une série d'aboiements.

Nous retrouvons la trace de cette particularité dans le tracé des oscillations du liquide céphalo-rachidien à la région lombaire. Chaque ondulation dépendant de l'acte respiratoire présente en effet dans sa période d'as-

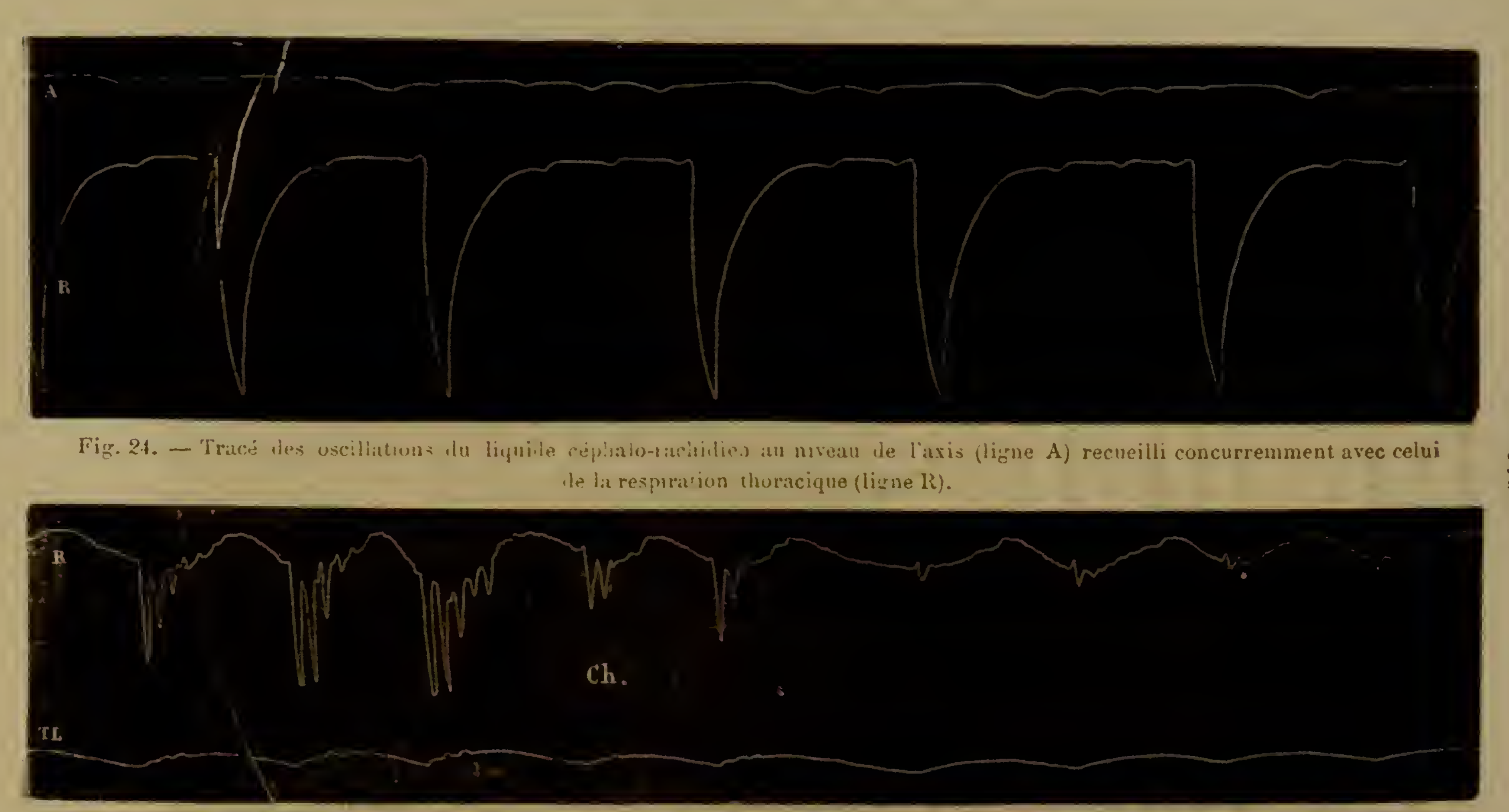


Fig. 24. — Tracé des oscillations du liquide céphalo-rachidien au niveau de l'axis (ligne A) recueilli concurremment avec celui de la respiration thoracique (ligne R).

Fig. 25. — Tracés de la respiration (ligne R) et des oscillations du liquide cérébro-spinal (ligne TL), au niveau de la région lombaire. Modifications des tracés sous l'influence du chloroforme administré à partir de Ch.

cension, c'est-à-dire dans celle qui correspond à l'expiration, quelques petites ondulations qu'il ne faudrait point rattacher à l'influence cardiaque, qu'il est difficile de retrouver ici. Vient-on en effet à replacer l'animal sous l'influence du chloroforme, comme on le fait en Ch, aussitôt on voit la respiration se régulariser peu à peu ; les aboiements cessent et les petites ondulations que nous avons signalées disparaissent avec eux.

C. *Trépanations pratiquées à la fois au crâne et au rachis.*

En appliquant des couronnes de trépan, à la fois au crâne et au rachis, nous avons toujours constaté le synchronisme des mouvements, ou pour mieux dire des oscillations du liquide cérébro-spinal. On ne saurait donc admettre qu'il y ait opposition entre les phénomènes qui se passent dans la cavité crânienne d'une part, dans la cavité rachidienne d'autre part.

La coïncidence des ondulations respiratoires au crâne et au rachis s'observe bien dans la figure 20, p. 101. On y voit que dans le tracé crânien, aussi bien que dans le tracé rachidien, la courbe s'élève pendant l'inspiration, s'abaisse pendant l'expiration, ce qui devait être, l'animal étant soumis à la respiration artificielle, laquelle entraîne, ainsi que nous l'avons exposé, le renversement des phénomènes (v. p. 99).

Dans la figure qui suit, on peut mieux observer encore la coïncidence des variations de niveau du liquide dans les tubes fixés au crâne et au rachis. La trépanation avait porté sur l'axis.

Les tracés des ondulations crâniennes et rachidennes liées à la respiration sont très-nets et sensiblement pa-

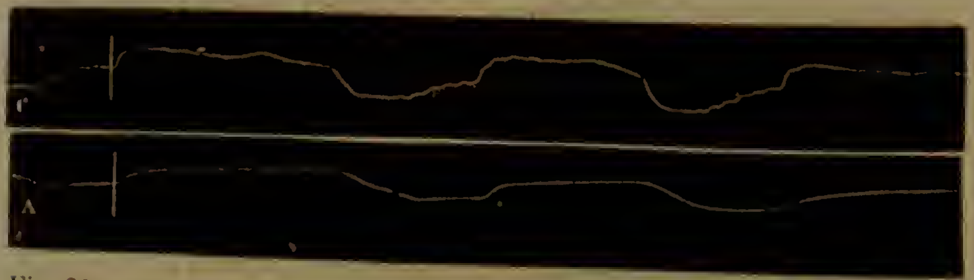


Fig. 26. — Tracé des oscillations du liquide cérébro-spinal au niveau de l'axis (ligne A) et du crâne (ligne C).

rallèles. Quant aux oscillations cardiaques, elles sont peu marquées dans le tracé supérieur où elles sont pour ainsi dire absorbées par les oscillations très amples liées à la respiration, et font complètement défaut dans le tracé inférieur.

Nous avons également fait porter à la fois les trépanations sur les régions cervicale et lombaire du rachis. Dans ce cas encore, les oscillations liées à la respiration ont toujours été parallèles, le liquide s'élevant dans les deux tubes en expiration, pour s'abaisser en inspiration.

Nous ne multiplierons pas davantage ces exemples qui ne pourraient que confirmer les conclusions des deux divisions précédentes de ce chapitre. Aussi n'insisterons-nous pas, nous bornant à atirer spécialement l'attention sur l'importance du *synchronisme des oscillations observées à la fois au crâne et au rachis.*

CHAPITRE IV.

REPRODUCTIONS ARTIFICIELLES DES MOUVEMENTS CÉRÉBRAUX.

§ 1. Reproduction sur un Schéma.

Nous avons essayé de représenter d'une manière schématique les mouvements encéphaliques, afin d'obtenir synthétiquement les phénomènes que nous avons analysés précédemment, afin de vérifier également si, dans certaines conditions, ces phénomènes peuvent se modifier ou disparaître, comme dans l'organisme vivant.

Nous savons bien cependant qu'il ne faut pas vouloir demander aux schémas plus qu'ils ne peuvent donner ; ils sont placés, en effet, en dehors de l'influence nerveuse et ne constituent que des appareils purement mécaniques. Dans ces conditions même, ils peuvent néanmoins être encore très-utiles et servir à élucider bien des points litigieux ou à donner une démonstration simple d'un phénomène complexe. On n'ignore pas tout le parti qu'en a tiré notre maître, le professeur Marey, pour l'étude et la reproduction des phénomènes de la circulation.

Dans le cas qui nous occupe, bien qu'il s'agisse de mouvements révélant les modifications de vascularisation du centre nerveux par excellence, c'est-à-dire de l'encéphale, nous ne devons pas perdre de vue que ces mouvements dépendent eux-mêmes de deux causes méca-

niques, la systole cardiaque et la respiration, dont nous pouvons imiter le jeu.

La figure suivante représente l'appareil dont nous nous sommes servi.

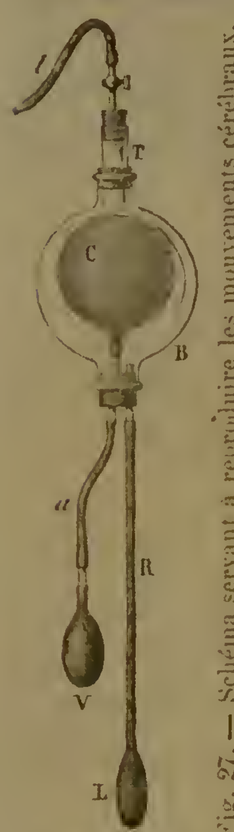


Fig. 27. — Schéma servant à reproduire les mouvements cérébraux.

Il se compose d'un ballon B, à deux tubulures, rempli d'eau, et figurant la boîte crânienne. Au milieu de l'eau se trouve un ballon de caoutchouc C, rempli lui-même de liquide, et correspondant à l'encéphale. Il aboutit à un tube de verre qui traverse le bouchon de caoutchouc fermant la tubulure inférieure du ballon B. Ce tube se continue par un tube de caoutchouc *a* qui représente une artère, et qui part lui-même d'une poire en caoutchouc V, jouant le rôle du cœur.

Le bouchon qui clôt inférieurement le ballon B, est traversé par un deuxième petit tube de verre, qui s'ouvre d'un côté dans le ballon lui-même, et communique extérieurement avec un tuyau élastique R, représentant ce que le professeur Richet a si justement appelé le « tuyau d'échappement rachidien, » lequel se termine par une poche L qu'on pourra assimiler à « l'espèce d'ampoule qui entoure la queue de cheval » (1) ou à un hydrorachis.

La tubulure supérieure correspond à une trépanation. Elle est fermée par un bouchon de caoutchouc que tra-

(1) Cruveilhier. *Anat. desc.*, 4e édit., t. III, p. 353.

verse un gros tube T, dont le bord inférieur présente une arête vive, analogue à celle du rebord osseux.

Ce tube est lui-même fermé supérieurement, de même que l'appareil que nous fixions au crâne des animaux de nos expériences, par un bouchon que traverse un petit tube de verre. Celui-ci présente un robinet et se continue par un tube de caoutchouc *t*, que l'on peut mettre en communication avec un tambour enregistreur.

Toutes les pièces de l'appareil étant bien purgées d'air, on s'arrange de telle sorte que le niveau du liquide corresponde à la partie moyenne du tube T. Imprimant alors à la main des oscillations rhytmiques à la poire V(1), on voit se produire, en même temps que des mouvements de dilatation et de retrait du ballon C, déterminés par les variations d'afflux, des oscillations du niveau du liquide dans le tube T. Ces oscillations, correspondant à celles qui sont déterminées par l'influence cardiaque chez l'animal en vie, peuvent être enregistrées au même titre.

Pour imiter l'influence respiratoire, nous avons fait passer le tube *a* par un ballon à trois tubulures, qui

(1) Nous avons représenté ici le schéma aussi simple que possible ; toutefois, nous ne nous en sommes pas tenu à la disposition figurée ici. Nous avons eu recours encore, soit au cœur du schéma de la circulation, du professeur Marey, soit à une petite pompe aspirante et foulante pour imiter la fonction cardiaque. Dans ces deux cas, nous ne pouvions nous borner au tube d'afflux *a* ; il fallait représenter aussi l'écoulement veineux : ce rôle était rempli par un autre tube. Dans ces conditions, l'appareil, tout en se rapprochant davantage de la réalité, perdait de sa simplicité ; les effets étaient du reste sensiblement les mêmes.

n'a pas été représenté, pour ne pas compliquer la figure. La troisième tubulure se continuait par un tube dans lequel nous aspirions et soufflions tour-à-tour, suivant le jeu naturel de notre respiration.

Nous avons donné naissance de la sorte à un deuxième ordre d'oscillations plus accentuées, dépendant de l'influence respiratoire.

La figure 28 représente un des tracés que nous avons ainsi obtenus. Les deux ordres d'oscillations y sont très-nets. La descente des grandes ondulations correspond



Fig. 28. — Tracé des oscillations respiratoires et cardiaques du cerveau reproduites schématiquement.

à l'inspiration de même que dans les tracés de nos expériences ; leur ascension est déterminée par l'expiration. Le mode de production de ces doubles oscillations se comprend, sans qu'il soit encore besoin d'insister à ce sujet, après tout ce que nous avons dit dans le chapitre précédent.

Notre but, en construisant ce schéma, n'était pas seulement d'obtenir la reproduction de ces oscillations. Nous voulions nous assurer également de leur disparition, dans les conditions où elles s'éteignaient chez les sujets de nos expériences.

En nous arrangeant de telle façon que la surface du ballon C fût très-voisine de l'ouverture inférieure du

tube T, ce ballon arrive, après quelques pulsations du cœur, au contact de cet orifice, dans lequel il fait hernie. Dès lors, les oscillations cessent ou sont tellement minimes qu'elles ne donnent aucun tracé, étant produites uniquement par les très-faibles variations de tension de la petite portion de surface du ballon (1) qui forme hernie dans le tube T. Nous sommes ramené au cas qui s'est souvent présenté dans nos expériences, la petite hernie qui proémine dans le tube T, formant bouchon, et ne permettant plus au liquide jouant le rôle de liquide cérébro-spinal de s'échapper à l'extérieur.

Les oscillations ont disparu, avons-nous dit : toutefois le ballon C se dilate encore. A la suite de son augmentation de volume, le liquide périphérique que renferme le ballon de verre est comprimé. Ne pouvant s'échapper en T, il est refoulé dans le déversoir rachidien, dont l'ampoule offre une série de pulsations correspondant aux systoles du ventricule artificiel.

§ 2. — Reproduction artificielle des mouvements du cerveau chez l'animal mort.

Après avoir obtenu la reproduction des oscillations cérébrales, à l'aide d'un schéma approprié, nous avons encore désiré les reproduire sur l'animal mort. Cette expérience n'est pas nouvelle, il est vrai, puisqu'elle a déjà été faite par Lamure (2) et reproduite par Flourens. (3)

(1) Le caoutchouc du ballon doit être de bonne qualité et ne pas présenter de disposition à se dilater en manière d'anévrysme, ce qui ferait manquer l'expérience.

(2) Lamure. *Recherches sur la cause des mouvements du cerveau.* Mém. Acad. des sciences, 1749.

(3) Flourens. *Recherches sur le système nerveux*, 2e éd., Paris, 1842, p. 359 et suiv.

Ces deux expérimentateurs comprimaient et relâchaient alternativement les parois du thorax d'un animal mort et ayant subi une trépanation.

A la suite de cette manœuvre, par laquelle ils se rapprochaient tout-à-fait des conditions de la respiration normale, ils voyaient le cerveau s'élever pendant la compression de la cage thoracique, dont le relâchement déterminait par contre l'abaissement de l'encéphale.

Nous avons reproduit cette expérience sur le chien, peu de temps après la mort, avec des résultats semblables, l'eau s'élevant en expiration, s'abaissant en inspiration, dans le tube fixé au crâne de l'animal.

En ayant recours à la respiration artificielle, telle qu'on la pratique habituellement dans les laboratoires, en d'autres termes, à l'insufflation trachéale, nous avons obtenu des résultats inverses des précédents : le liquide s'élevait pendant l'inspiration, s'abaissait pendant l'expiration.



Fig. 29. — Graphique de la respiration artificielle et des oscillations cérébrales qu'elle détermine sur l'animal mort.

La figure 29 représente les tracés de la respiration et des oscillations cérébrales dans ces circonstances.

Cette inscription *post mortem* vient encore confirmer

ce que nous disions dans le chapitre précédent, touchant le renversement des oscillations cérébrales, sous l'influence de la respiration artificielle.

Outre les oscillations respiratoires, nous avons reproduit celles que détermine l'action cardiaque en injectant, suivant un mode rhythmé, du liquide dans la carotide d'un animal mort.

Nous avons obtenu de même des oscillations cérébrales, en injectant d'une façon analogue, de l'eau par l'intermédiaire des jugulaires.

L'augmentation du calibre des artères ou des veines encéphaliques peut donc déterminer au même titre la production d'oscillations dans un tube adapté à la voûte du crâne.

DEUXIÈME PARTIE

MOUVEMENTS ENCÉPHALIQUES DANS LES CONDITIONS NORMALES CHEZ L'ADULTE

Après la première enfance, les fontanelles s'étant ossifiées, la boîte crânienne est close par des parois rigides, incompatibles avec des modifications de contenu, dans son intérieur.

Dans ces conditions, des variations en plus ou en moins de la quantité de sang que contiennent la cavité crânienne en général et l'encéphale en particulier, sont-elles possibles ? Peuvent-elles s'effectuer, comme dans le cas où les parois crâniennes ne sont pas entièrement rigides, c'est-à-dire dans les conditions où nous les avons étudiées précédemment chez l'homme et les animaux?

Telle est la question que nous allons examiner, question d'une haute importance, attendu que, suivant la conclusion à laquelle on aboutit, on arrive à admettre ou à rejeter la possibilité de l'anémie et de la congestion cérébrales.

Ce n'est guère qu'à partir de Haller que nous voyons mettre sérieusement en doute, chez l'adulte, l'existence des mouvements du cerveau, par ceux-mêmes qui les constatent quand cet organe est mis à nu.

Nous avons déjà vu que, pour Haller, les mouvements du cerveau n'étaient possibles que dans le cas où la

dure-mère était enlevée. D'accord avec cette conception, l'illustre physiologiste ne pouvait croire à la possibilité de mouvements de la masse encéphalique dans un crâne fermé. Il ne faudrait pas en conclure cependant, qu'il soutînt l'invariabilite du contenu sanguin de l'encéphale comme on le fit plus tard, car il admit la possibilité d'une réplétion plus grande du système veineux entraînant une augmentation de pression, qui devait favoriser le cours du sang veineux (1).

Pour Lorry, les mouvements du cerveau dans un crâne intact ne pouvaient se produire que dans les cas d'effort.

A la même époque, ces mouvements furent néanmoins admis par Schlichting et Lamure.

Plus tard, Fabre (2), tout en ne leur accordant pas la même étendue que dans le cas où le cerveau est mis à nu, trouve que les mêmes causes agissant encore dans l'état naturel, on ne saurait les récuser.

Bien que les mouvements du cerveau chez l'adulte n'aient pas été admis par tous les auteurs, comme nous venons de le voir, l'existence de modifications de la vascularisation du cerveau n'avait jamais été mise en doute, ni même agitée, quand surgit la proposition que l'on a appelée théorème de Monro-Kellie, du nom des deux médecins écossais, qui ont surtout contribué à la répandre.

Se fondant sur la résistance des parois crâniennes et l'incompressibilitée à peu près absolue des liquides,

(1) Haller, *Elementa physiologiæ*. Lausanne, 1762, t. IV, page 172.
(2) Fabre, *Essais sur différents points de physiologie*. Paris. 1770.

Monro affirma le premier l'invariabilité du liquide contenu dans la boîte crânienne. Le sang étant alors le seul liquide dont il fut tenu compte dans le crâne, il ne faut point s'étonner de voir Monro soutenir que sa quantité est toujours la même, pendant l'état de santé, pendant la maladie, après la mort.

Nous reportant à l'ouvrage de Monro (1), nous nous sommes assuré que, tout en admettant l'invariabilité de la quantité de sang renfermé dans le crâne, il n'en croyait pas moins à la possibilité de variations inverses de la quantité du sang artériel et du sang veineux contenus dans la boîte crânienne, le sang veineux diminuant proportionnellement à l'augmentation du sang artériel et réciproquement. Une saignée ne pouvait, d'après le même auteur, modifier la quantité de sang contenu dans le crâne; tout au plus, pouvait-elle diminuer sa force d'impulsion.

Un des disciples de Monro, Kellie de Leith, s'appuyant sur l'expérimentation, vint dans la suite reprendre et soutenir la théorie du maître, avec certaines réserves, il est vrai (2). Cet auteur fit périr des chiens et des moutons par hémorrhagie, d'autres par l'acide prussique, après leur avoir lié les carotides. L'autopsie ne lui montra pas d'anémie du cerveau dans ces cas.

Pour montrer que la pesanteur est sans influence sur la quantité du sang que contient le crâne, il suspendit

(1) Monro. *Observations on the structure and functions of the nervous system*. Edinburgh, 1783. ch. I. p. 5 et suiv.

(2) Kellie. *Transactions of the medico-chirurgical Society of Edinburgh*, t. I, 1822

des animaux empoisonnés par l'acide prussique, les uns par les oreilles, les autres par les pattes postérieures, et trouva l'aspect du cerveau à peu près semblable dans les deux cas.

Kellie attira encore l'attention sur l'absence de congestion cérébrale chez les pendus, dont le cerveau devrait être théoriquement gorgé de sang.

Ayant cependant constaté la présence de quelques onces de sérosité liquide dans le crâne d'individus ayant péri par le froid, il admit, tout en insistant encore sur la situation toute spéciale du cerveau et sur la difficulté des variations de son contenu sanguin, que dans les cas de resserrement du cerveau, et à la suite d'hémorrhagies profuses, une certaine portion du sang contenu dans les vaisseaux intra-crâniens pouvait être remplacée par une effusion de sérosité (1), empruntée à ce sang.

Pendant longtemps, les idées de Monro eurent cours, aussi bien en France, où elles furent adoptées par Gendrin, Rochoux, etc., qu'en Angleterre où elles furent soutenues par la grande autorité d'Abercrombie.

Nous ne nous arrêterons point aux déductions exagérées qui en furent tirées par des disciples trop ardents, et nous dirons de suite que les expériences de Kellie, qui servaient de base à la nouvelle doctrine, furent reprises par Burrows (2), qui arriva à des conclusions tout-à-fait opposées.

(1) Ce ne fut que trois ans plus tard que Magendie appela l'attention sur la présence normale du liquide céphalo-rachidien dans la cavité des centres nerveux.

(2) Burrows, *Beobachtungen über die Krankheiten des cerebralen Blutkreislaufes*; trad. de l'anglais par Posner. Leipzig, 1847.

Le cerveau fut trouvé anémié chez les animaux suspendus par les oreilles, tandis qu'il offrait de la congestion chez ceux qui avaient été suspendus la tête en bas. Il est vrai, qu'en appliquant à ces animaux, avant de les dépendre, une ligature serrée autour du cou, Burrows se mit à l'abri des causes d'erreur qui avaient dû fausser les résultats obtenus par Kellie. En procédant de la sorte, il évitait les modifications de réplétion sanguine des vaisseaux encéphaliques qui pouvaient se produire en position horizontale. Ces expériences ont été répétées et variées par d'autres expérimentateurs, avec les mêmes résultats.

Au commencement du siècle, Richerand attira l'attention sur les enfoncements que présente la surface intérieure de la boîte crânienne, à la suite de l'action cérébrale, l'usure produite par cette cause augmentant avec l'âge. Les impressions digitales et les éminences mamillaires qui correspondent aux circonvolutions et aux anfractuosités du cerveau, étaient pour lui le résultat de sa pression sur la boîte osseuse.

Vers la même époque, Ravina essaya d'établir par l'expérience l'existence des mouvements du cerveau à l'état normal, en fixant un verre de montre à la partie supérieure d'un cylindre de bois que l'auteur adaptait à l'orifice d'une trépanation crânienne. Il eut soin de s'assurer que l'appareil n'offrait point de fuite, tout en y laissant l'air qu'il renfermait : aussi, eut-il tort de conclure des mouvements du cerveau qu'il put constater, en opérant ainsi, à l'existence de ces mêmes mouvements dans un crâne fermé, la compressibitité de l'air contenu dans le

cylindre permettant aux mouvements de se produire presque aussi facilement qu'à l'air libre.

Nous ne pouvons pas davantage attacher de l'importance aux preuves fournies par Ecker, qui s'appuie sur les mouvements qu'il constate en pratiquant un très-petit orifice au crâne et en laissant la dure-mère intacte.

Citons encore Magendie et Flourens parmi les auteurs qui ont admis les mouvements du cerveau, les expériences et les cas de spina-bifida donnant, il est vrai, disent-ils, une idée exagérée du phénomène.

La doctrine de l'immuabilité du contenu vasculaire intra-crânien reçut le dernier coup, à la suite d'expériences dans lesquelles on put observer directement, et *sans intermédiaire d'aucun gaz*, les modifications du calibre des vaisseaux encéphaliques pendant la vie, au moyen d'une fenêtre adaptée aux parois crâniennes.

Cette méthode instituée par Donders (1), lui a permis de constater, ainsi qu'à son élève Berlin, des variations notables de réplétion des vaisseaux encéphaliques, qui ont été confirmées par les expériences si connues de Kussmaul et Tenner (2), et par celles de J. Ehrmann (3) qui sont consignées dans son remarquable travail sur l'anémie cérébrale que nous avons déjà eu l'occasion de citer en parlant des ligatures des artères céphaliques.

(1) Donders. *Die Bewegungen des Gehirns*. Nederl. Lancet, 1850.

(2) Küssmaul u. Tenner, *Untersuchungen über Ursprung und Wesen der fallsuchtartigen Zuckungen bei Verblutung*. Francfort, 1857.

(3) Nous sommes heureux de saisir cette occasion de remercier le Dr Ehrmann, de Mulhouse, de la bienveillance qu'il nous témoigna, alors qu'il dirigeait l'ambulance du Haut-Rhin à l'armée de l'Est. Nous n'avons pas perdu le souvenir des bontés qu'il eut pour nous, pendant ces jours néfastes à la suite desquels le sol natal fut arraché à la mère-patrie.

Ackermann (1) et Leyden (2) constatèrent encore les mêmes phénomènes.

Cependant, et ce résultat paraît de prime abord contradictoire, si ces auteurs ont tous observé des changements de calibre des vaisseaux cérébraux, ils s'accordent tous également à noter l'absence des mouvements du cerveau. Sous ce dernier rapport, ces expériences venaient prêter encore leur appui à celles de Bourgougnon. (3) On n'ignore pas que, pour sa thèse inaugurale, cet auteur fit des expériences devenues classiques, pour vérifier l'opinion émise *a priori* par Pelletan, d'après lequel l'inextensibilité des parois crâniennes, après leur ossification complète, devait apporter un obstacle absolu à la production des mouvements cérébraux, dont l'existence chez l'adulte avait déjà été mise en doute par les auteurs que nous avons précédemment cités.

Bourgougnon, après avoir vissé un tube muni d'un robinet, au crâne d'un chien, et après l'avoir rempli d'eau purgée d'air, jusqu'à une certaine hauteur *au-dessus du robinet*, constata les oscillations du liquide et les mouvements de la grande branche d'un levier coudé qui se mouvait autour d'un axe horizontal, et dont la courte branche était terminée par une petite plaque reposant sur la dure-mère ou le cerveau. Le robinet étant fermé, il n'observa plus les mouvements du liquide, chose très-naturelle, par suite de l'incompressibilité des parois et du liquide, qui ne pou-

(1) Ackermann, *Virchow'sArchiv.*, 1858, t. XV.

(2) Leyden. *Virchows'Archiv.*, 1866, t. XXXVII.

(3) Bourgougnon. *Recherches sur les mouvements du cerveau.* Thèse, Paris, 1839.

vait s'abaisser au-dessous du robinet, que s'il se produisait un vide, ce qui n'est point admissible.

Ce n'est toutefois que de l'absence de ces oscillations qu'ont parlé la plupart des auteurs qui ont discuté les expériences de Bourgougnon. Bien plus importante cependant, était l'absence des mouvements communiqués au levier.

Si les conclusions que tire l'auteur de ces expériences sont exactes, on en comprend toute la gravité, car nier les mouvemens cérébraux, c'est affirmer, sous une autre forme, la proposition de Monro-Kellie, les variations du contenu vasculaire d'un organe devant fatalement amener des modifications de son volume, comme le prouvent avec évidence les expériences modernes sur le changement de volume des organes dans leurs rapports avec la double influence cardiaque et respiratoire.

Cependant, il n'est pas douteux que les observations de Bourgougnon ne soient exactes ; il n'est pas moins vrai, comme nous l'avons vérifié nous-même à diverses reprises, sur le chien et le lapin, qu'en vissant une fenêtre aux parois crâniennes, on n'observe pas de mouvements du cerveau, à la condition qu'il ne se trouve point d'air entre le cerveau et la lame de verre, ce qui est souvent assez difficile à réaliser.

Comment comprendre alors les modifications du contenu vasculaire encéphalique?

Faut-il admettre uniquement avec Bourgougnon, dont l'opinion a été reprise il y a peu de temps par Na-

valichin (1), des modifications de la tension de l'encéphale, opinion qui est à rapprocher de celle de Longet, pour lequel le cerveau change non de *volume*, mais de *masse*, c'est à dire de densité, si nous comprenons bien la pensée de l'auteur ? La manière de voir de cet éminent physiologiste nous étonne d'autant plus que, quelques pages auparavant (2), il admet des mouvements du liquide céphalo-rachidien refluant en expiration du rachis dans le crâne, pour rentrer en inspiration dans la cavité rachidienne, de telle sorte que, non-seulement le cerveau ne pourrait se dilater en expiration, mais qu'il serait encore comprimé, à ce moment, par le liquide cérébro-spinal affluant du rachis.

Faut-il plutôt admettre avec Brown-Séquard (3) que la quantité du sang de l'encéphale est à peu près invariable, et que la congestion d'une partie du cerveau soit la conséquence de l'anémie d'une autre partie de cet organe ? — Nous ne le pensons, pas et, à l'exemple de Richet (4), de Béclard (5), de Beaunis (6) et de plusieurs

(1) Nous avons reçu, grâce à l'obligeance du professeur Dogiel, un mémoire russe du Dr Navalichin (de Kazan), sur la « Tension du cerveau et ses rapports avec la circulation ». M. de Tarchanoff a bien voulu nous donner la substance de cet ouvrage et nous en traduire les conclusions. Nous regrettons que l'auteur, qui avait fait communiquer la boîte crânienne avec un manomètre inscripteur, n'ait pas reproduit les tracés des oscillations déterminées par la circulation et la respiration. Son travail conclut à une dépendance réciproque de la fréquence cardiaque et de la tension cérébrale. On trouvera un résumé de ses idées dans les *Archives de Pflüger*, t. VIII, 1874.

(2) Longet, *loc. cit*, t. III; p 285.

(3) Brown-Séquard, *Journal de physiologie*, t. I, p. 205.

(4) Richet, *loc. cit.*, p. 51 et suivantes.

(5) Béclard, *Traité de physiologie*, Paris, 1870, 6e éd., p. 1054.

(6) Beaunis, *Eléments de physiologie*. Paris, 1876. p. 1015.

auteurs, nous sommes bien plus porté, malgré les expériences en apparence contradictoires, à admettre chez l'adulte l'existence de mouvements cérébraux, disons mieux, d'une expansion et d'un retrait alternatifs de l'encéphale, plus bornés sans doute que dans le cas où le crâne est ouvert.

Quelques considérations sont ici nécessaires pour justifier notre dire et pour permettre de comprendre les expériences que nous venons de citer.

La boîte crânienne, ne pouvant se dilater, son contenu est par là même immuable. Envisagée de la sorte, la proposition Monro-Kellie peut encore être soutenue aujourd'hui. Mais il ne faut pas perdre de vue que la cavité crânienne renferme, indépendamment du sang, un autre liquide dont on ne tenait point compte, ne le connaissant pas à l'époque où les médecins écossais émirent leur théorie, nous voulons parler du liquide sous-arachnoïdien. Or, tout en admettant la constance de la quantité du liquide contenu dans le crâne, il est permis d'admettre aussi que la quantité du liquide céphalo-rachidien diminue, à mesure que la quantité du sang augmente, et *vice versa*.

A cet égard, le rôle du liquide cérébro-spinal est capital, son reflux du crâne vers le rachis permettant à une plus grande quantité de sang de pénétrer dans les vaisseaux intra-crâniens, dans les vaisseaux encéphaliques en particulier.

Mais ce flux et ce reflux du liquide céphalo-rachidien du crâne dans le rachis et réciproquement sont-ils possibles ?

Aux preuves déjà nombreuses que nous avons don-

nées des fluctuations de ce liquide à travers le trou occipital, (V. p. 35), nous pouvons ajouter les trois suivantes que nous avons constatées dans le cours de nos expériences.

1° Après avoir trépané le crâne et le rachis d'un animal mort ou en vie, nous adaptons aux orifices ainsi obtenus deux tubes de verre, dans lesquels nous versons du liquide ; nous faisons alors varier l'attitude de l'animal, amenant en haut, tantôt sa tête, tantôt son arrière-train. Dans les deux cas, nous voyons se produire un phénomène analogue, le liquide baissant notablement dans le tube le plus élevé, s'élevant dans le tube situé plus bas : ce sont de vrais vases communiquants.

2° Laissant l'animal en position horizontale, nous soufflons dans l'un des tubes : aussitôt le liquide monte dans le tube opposé.

3° Dans le cas de hernie cérébrale, la moindre compression que l'on imprime à la surface exubérante du cerveau détermine une ascension brusque du liquide que contient le tube rachidien.

Le passage du liquide céphalo-rachidien à travers le trou occipital ne saurait donc être mis en doute.

La quantité de sang reçu par le cerveau étant plus considérable à la suite de la systole cardiaque, une quantité de liquide cérébro-spinal correspondant à l'excès sanguin doit abandonner au même moment la boîte crânienne pour se porter dans la cavité rachidienne.

De même, les vaisseaux intra-crâniens renfermant plus de sang, à la suite d'une forte expiration, de l'effort, etc.,

le liquide sous-arachnoïdien reflue également, sous cette influence, dans la cavité rachidienne, pour revenir dans le crâne à l'inspiration suivante.

Suivant l'expression du professeur Richet : « Le canal rachidien doit être regardé comme le tuyau d'échappement au moyen duquel s'effectuent ces oscillations antagonistes du sang et du liquide céphalo-rachidien, sans lequel elles eussent été impossibles » (1).

Ces oscillations peuvent s'effectuer grâce à l'élasticité des ligaments intervertébraux, en particulier de la membrane occipito-atloïdienne, grâce à l'existence de plexus rachidiens, éminemment compressibles, que Küss, notre maître regretté, assimilait à une « soupape de sûreté, » grâce surtout à l'existence du tissu cellulo-adipeux existant dans le rachis autour de la dure-mère, lequel peut refluer en dehors du canal, par les trous de conjugaison, sous l'influence de l'afflux du liquide cérébro-spinal dans la cavité du rachis.

Ces dispositions concourent à placer dans des conditions moins opposées la circulation encéphalique chez le nouveau-né et chez l'adulte, les trous de conjugaison remplissant l'office de fontanelles chez ce dernier.

Si l'on pratique au crâne une ouverture artificielle, on crée de la sorte un orifice qui montre aux yeux ce qui se passe dans un crâne fermé, au niveau du trou occipital. A chaque systole, à chaque expiration, le liquide s'élève dans le tube vissé à cet orifice, de même qu'il reflue normalemen par le trou occipital dans la cavité rachidienne.

(1) Richet, *loc. cit.*, p. 56.

L'absence des mouvements, constatée dans les expériences dans lesquelles on pratique une fenêtre aux parois crâniennes, absence qui semble paradoxale, puisqu'elle coïncide avec des modifications visibles du calibre des vaisseaux encéphaliques, n'est pas, selon nous, inconciliable avec l'existence de modifications du volume encéphalique. Dans toutes ces expériences on voit le cerveau immédiatement accolé au verre. C'est qu'en effet dans le crâne, dont les parois sont absolument rigides, la surface des hémisphères vient au contact de la voûte crânienne sur laquelle l'organe prend en quelque sorte son point d'appui, son augmentation de volume se traduisant au sein du liquide qui baigne sa base, c'est-à-dire la région qui présente les vaisseaux les plus considérables, ceux dont la pulsation est la plus active.

Il ne faut d'ailleurs point perdre de vue qu'un organe peut parfaitement être le siége de modifications de volume indéniables, alors même que celles-ci sont inappréciables à nos sens, comme le prouvent à l'évidence les expériences sur le changemennt de volume des organes plongés dans un liquide. C'est ainsi par exemple que la main sur laquelle nous ne pouvons, à simple vue, observer d'alternatives de dilatation et de resserrement, nous permet de constater la réalité de ces changements, dans l'appareil de Buisson, perfectionné par Franck (1). C'est qu'ici, de même qu'à l'orifice d'une

(1) François Franck. Travaux du laboratoire de Marey, 1876, p. 13 et suivantes.

trépanation, nous trouvons concentré en un seul point l'effet total de l'expansion vasculaire de toutes les parties de l'organe, de la main dans le premier cas, de l'encéphale dans le deuxième.

L'expérience de Bourgougnon ne nous paraît pas davantage infirmer l'existence des modifications de volume du cerveau, et nous nous expliquons l'immobilité du levier dans les conditions où elle a été obtenue.

Dans l'état normal, en effet, le cerveau appuie contre la voûte crânienne, dont il est séparé par les méninges et une couche à peine appréciable du liquide céphalo-rachidien, dont la plus grande partie est située à la base de l'encéphale aux endroits nommés confluents antérieur et postérieur de ce liquide. L'encéphale, devenant plus turgescent, ne peut dès lors offrir à sa partie supérieure qu'un mouvement de glissement, une dilatation effective n'étant possible que dans les régions inférieures de l'organe, régions baignées dans un liquide qui peut facilement s'échapper par le trou occipital qui touche le confluent postérieur.

Cette conception n'est pas seulement une vue de de l'esprit. Nous l'avons vérifiée à l'aide de l'appareil schématique que représente la figure 27, et que nous avons décrit page 114. En fermant le robinet qui surmonte le tube fixé à la partie supérieure de l'appareil (1), et imprimant au cœur artificiel une série de contractions rhythmées, nous voyons le ballon remplissant le

(1) Ce tube renferme de l'eau jusqu'à un niveau supérieur à celui du robinet.

rôle d'encéphale arriver au contact de l'orifice inférieur du tube assimilable au tube d'exploration vissé au crâne des animaux. Dès ce moment, la petite portion de surface du ballon, circonscrite par le rebord de ce tube, demeure immobile, et cependant le ballon lui-même se dilate et revient sur lui-même successivement, suivant que nous comprimons ou que nous abandonnons à elle-même la poire de caoutchouc qui représente le cœur.

Dans ces conditions, où reflue le liquide qui entoure le ballon à parois dépressibles, liquide renfermé lui-même dans le ballon en verre, dont les parois sont inextensibles ? Il s'échappe dans le tube qui remplit l'office de déversoir rachidien, ainsi qu'en témoignent les pulsations de l'ampoule terminale, pulsations synchrones aux contractions du ventricule V et aux dilatations du ballon représentant le cerveau.

Ouvrons-nous le robinet, aussitôt les pulsations rachidiennes cessent, et les oscillations reprennent dans le tube d'exploration où elles se produisent plus facilement, n'ayant pas à vaincre l'élasticité du tube rachidien et de son ampoule terminale ; en même temps, la surface du ballon s'approche et s'éloigne alternativement un peu de l'orifice inférieur du tube explorateur. C'est identiquement ce qui se passait dans les expériences de Bourgougnon.

On peut expliquer par un mécanisme analogue, les changements de volume de la masse encéphalique dans les cas où la production de hernies cérébrales nous em-

pêchait de constater à l'extérieur l'existence de mouvements du cerveau.

Nous avons essayé de reproduire successivement sur l'animal vivant, les conditions opposées que créent à la circulation de l'encéphale l'intégrité de la boîte crânienne ou sa communication avec l'air extérieur, afin de constater les modifications amenées du côté de la cavité rachidienne, par ces états différents. Nous avons utilisé dans ce but les animaux sur lesquels nous avions pratiqué des trépanations à la fois au crâne et au rachis, des tubes de verre dans lesquels on versait du liquide étant fixés dans les orifices ainsi obtenus. Le tube vissé aux parois crâniennes était rempli d'eau et présentait à sa partie moyenne un robinet de même que le tube de Bourgougnon. Le robinet étant ouvert il nous était facile de constater les oscillations du niveau de la colonne liquide aussi bien dans le tube crânien que dans le tube vissé à l'une des vertèbres des régions cervicale ou lombaire. En fermant le robinet nous replacions l'encéphale dans les conditions où il se trouvait avant la trépanation, les parois du tube et du robinet fermé jouant un rôle identique à celui des parois osseuses. A la suite de cette manœuvre, les oscillations du liquide dans le tube rachidien apparurent plus prononcées, pour diminuer ensuite, dès qu'on ouvrait le robinet du tube crânien. L'augmentation de l'amplitude des oscillations rachidiennes ne répondit cependant pas à ce que nous en attendions, une partie du liquide refoulé dans le rachis devant sans doute exercer encore une certaine in-

fluence sur la graisse demi-fluide des trous de conjugaison.

Nous sommes aussi porté à croire que le liquide cérébro-spinal peut, dans les conditions d'intégrité du crâne, affluer en faible quantité dans les gaînes nerveuses qui continuent l'arachnoïde. Nous n'entendons point en effet repousser les résultats des expériences de Quincke et de Key et Retzius, tout en estimant que les injections massives de ces derniers donnent une idée exagérée de la pénétration du liquide sous-arachnoïdien. Il serait particulièrement difficile de révoquer en doute la communication de l'espace sous-arachnoïdien et de la gaîne optique (1), dont les travaux des expérimentateurs que nous venons de citer, ainsi que ceux de Schwalbe, de H. Schmidt et de Manz établissent l'existence.

Nous appuyant sur cette disposition des gaînes nerveuses et surtout sur la libre communication de la boîte

(1) Dans une de nos dernières expériences, le hasard nous a permis de constater l'existence d'une étroite solidarité entre les pressions exercées sur l'œil et la pression intra-cranienne. Afin de vérifier le degré d'insensibilité d'un chien anesthésié dont le crâne et la deuxième vertèbre cervicale avaient été trépanés, nous touchons la cornée de l'animal ; au même instant nous observons un ressaut assez marqué des tracés des liquides crânien et rachidien. Nous répétons à plusieurs reprises cette manœuvre, en comprimant l'œil avec plus de force ; les ascensions des courbes se produisent chaque fois avec une grande netteté, se distinguant d'ailleurs absolument des oscillations artérielles et respiratoires, peu prononcées chez cet animal. La compression simultanée des deux yeux détermine une ascension de liquide encore bien plus notable : très-marquée dans le tube crânien, elle est encore très-manifeste, quoiqu'un peu atténuée, dans le tube fixée à l'axis.

C'est en vain que nous avons essayé depuis, de reproduire le même phénomene sur deux autres chiens.

crânienne avec celle du rachis, dont les parois sont extensibles, nous dirons donc que les expériences qui semblent d'abord absolument incompatibles avec la production de mouvements d'expansion et de retrait de l'encéphale, par conséquent aussi avec la possibilité de variations du contenu vasculaire de cet organe, n'infirment cependant nullement la réalité de ces phénomènes.

Ainsi s'expliquent, sans qu'il soit besoin de recourir à des modifications de tension du cerveau, difficiles à concilier avec la délicatesse de sa structure et l'harmonie de ses fonctions, les variations du débit du sang destiné à l'encéphale, variations de tous les instants, si on les envisage uniquement au point de vue des modifications imprimées par le cœur et la respiration, variations plus longues et plus prononcées, quand elles se traduisent par l'anémie ou la congestion cérébrales.

De ce qui précède, nous pouvons conclure que les phénomènes que nous avons analysés dans la première partie de ce travail se rencontrent également, atténués peut-être, chez l'homme et les animaux dont les parois crâniennes sont absolument ossifiées.

Les vaisseaux contenus dans le crâne, ceux de l'encéphale en particulier, peuvent donc être le siège de modifications de calibre, entraînant des changements de volume de l'organe lui-même, qui ne sépare point, à cet égard, des autres organes de l'économie.

CONCLUSIONS.

1. *Les modifications de calibre des vaisseaux encéphaliques* sont la cause du phénomène auquel on a donné le nom de *mouvements du cerveau.* Ces variations du calibre vasculaire sont liées à l'influence cardiaque et respiratoire ; elles entraînent des *changements rhythmés de volume de l'encéphale*, dont la turgescence augmente et diminue tour-à-tour.

2. Les mouvements du cerveau peuvent être directement observés dans le cas où la rigidité des parois crâniennes n'est pas absolue, c'est-à-dire chez le nouveau-né dont les fontanelles ne sont pas encore ossifiées; chez l'adulte, dans les cas de ramollissement ou de perte de substance de la voûte crânienne ; enfin, à la suite de la trépanation pratiquée sur l'homme ou sur les animaux.

3. Dans ces diverses circonstances, on peut obtenir, au moyen de procédés graphiques, les tracés de ces mouvements. C'est sur eux que s'appuient les conclusions suivantes.

4. La systole cardiaque traduit seule son influence sur les *battements de la fontanelle* antérieure de l'enfant, pendant l'état de calme parfait et pendant le sommeil.

5. Pendant le sommeil, les mouvements de la fontanelle liés à l'action du cœur offrent une excursion plus développée que pendant la veille, ce qui dénote une di-

minution de la tension intra-crânienne et par conséquent aussi de la turgescence de l'encéphale.

6. Quand l'enfant s'agite et que la respiration s'exagère, elle influe à son tour sur la production des battements de la fontanelle, d'autant plus qu'elle s'accentue davantage.

7. Lorsque la respiration est profondément modifiée par des actes tels que l'effort, les cris, la toux, le bâillement, l'éternument, la succion, les battements de la fontanelle concordent avec les modifications respiratoires dont les effets sont parfois exagérés, au point de dissimuler absolument l'influence cardiaque.

8. Les modifications d'attitude font varier la tension de la fontanelle qui est d'autant plus prononcée que la tête est porté plus bas. Dans ce cas, les battements présentent une amplitude très-faible qui augmente au fur et à mesure qu'on relève la tête de l'enfant.

9. Dans les cas de *perte de substance* ou de *ramollissement morbide des parois crâniennes*, permettant l'observation des mouvements du cerveau *chez l'adulte*, on constate que, de même que chez le nouveau-né, les mouvements du cerveau dépendent uniquement de l'influence cardiaque, quand la respiration est calme.

10. Dans ces mêmes cas, ce n'est que lorsque la respiration est exagérée, ainsi qu'il arrive lors des efforts, qu'elle exerce son influence sur les mouvements cérébraux.

11. Quand, à la suite de la *trépanation pratiquée sur les animaux*, on adapte à l'ouverture crânienne un tube contenant un liquide, on voit celui-ci présenter des *oscilla-*

tions qui traduisent les mouvements d'expansion et de retrait de l'encéphale. Leur inscription montre qu'elles sont de nature double, et qu'elles se rattachent les unes à la respiration qui détermine des modifications de réplétion artérielle et veineuse, les autres à l'augmentation du calibre artériel, liée à la systole cardiaque. Ces dernières donnent un tracé assimilable à celui du pouls.

12. Les oscillations d'origine respiratoire, d'autant plus accusées que l'animal est moins calme, peuvent arriver jusqu'à voiler les oscillations d'origine cardiaque, qui paraissent en général d'autant mieux que les oscillations se rattachant à la respiration sont moins prononcées.

13. La ligature des artères amenant le sang à l'encéphale, détermine une diminution du volume et des mouvements du cerveau d'autant plus prononcée, que l'oblitération porte sur un plus grand nombre d'artères. Non-seulement les mouvements d'origine cardiaque, mais encore ceux d'origine respiratoire s'affaiblissent à la suite des ligatures artérielles.

14. Les carotides et les artères vertébrales étant liées, des oscillations commandée par la respiration, peuvent encore se produire, à la suite de l'exagération des mouvements respiratoires. Ces oscillations ne peuvent dépendre alors que de modifications de réplétion veineuse.

15. Les oscillations dépendant de la respiration peuvent s'éteindre complètement dans la période d'insensibilité amenée par les anesthésiques.

16. Les anesthésiques administrés brusquement à un animal peuvent provoquer leur disparition momentanée, par suite d'un arrêt respiratoire.

17. La respiration artificielle renverse le mode de production des oscillations du liquide, qui, normalement, s'élève en expiration et s'abaisse en inspiration.

18. Les changements de niveau du liquide, sous l'influence des variations d'attitude, permettent de constater l'augmentation notable du volume encéphalique, quand on abaisse la tête de l'animal, sa diminution, quand on l'élève. On observe en même temps, de même que chez le nouveau-né, la diminution très-manifeste de l'amplitude des oscillations dans le premier cas, leur augmentation dans le second.

19. Le crâne étant ouvert, les oscillations font parfois défaut, le cerveau faisant hernie et bouchant l'orifice de trépanation, auquel cas le liquide céphalo-rachidien reflue dans le rachis.

20. On peut vérifier ce phénomène au moyen d'un appareil schématique approprié, lequel permet également de reproduire les deux sortes d'oscillations signalées.

21. Ces oscillations peuvent encore être déterminées sur le cadavre, par la respiration artificielle et l'injection de liquide dans les carotides.

22. En pratiquant une trépanation au rachis, on observe des oscillations de même ordre qu'au crâne

23. Les oscillations d'origine cardiaque et respiratoire, observées simultanément au crâne et au rachis, sont synchrones.

24. La quantité des liquides contenus dans un *crâne complètement ossifié* est toujours la même : des variations inverses se produisent toutefois entre la quantité du sang et celle du liquide céphalo-rachidien. Ces variations sont possibles, grâce à la communication de l'espace sous-arachnoïdien avec les gaînes nerveuses, et surtout grâce à l'extensibilité partielle des parois de la cavité rachidienne, dans laquelle peut refluer le liquide cérébro-spinal, quand le volume encéphalique augmente, pour rentrer dans la boîte crânienne, quand il diminue.

25. La rigidité de la boîte crânienne n'empêche pas la production de changements de volume de l'encéphale auquel s'appliquent par conséquent aussi les résultats observés dans le cas où les parois crâniennes sont en partie molles ou extensibles.

TABLE DES MATIÈRES

PARTIE II.

Paris. A. Parent, imprimeur de la Faculté de Médecine, rue Mr-le-Prince, 3